



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

**SAMI ISONIEMI**  
**OPPILAITOSRAKENNUKSEN KORJAUSHANKKEEN LÄH-**  
**TÖKOHTIEN TARKASTELU**

Diplomityö

Tarkastaja: Matti Pentti  
Tarkastaja ja aihe hyväksytty  
Talouden ja rakentamisen tiedekunta-  
neuvoston kokouksessa  
5. marraskuuta 2014

# TIIVISTELMÄ

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Talouden ja rakentamisen tiedekunta, Rakennustekniikan laitos, Rakennetekniikka

**ISONIEMI, SAMI: Oppilaitosrakennuksen korjaushankkeen lähtökohtien tarkastelu**

Diplomityö, 74 sivua, 18 liitesivua

25. huhtikuuta 2015

Pääaine: Korjausrakentaminen

Tarkastajat: Professori Matti Pentti

Avainsanat: Korjausrakentaminen, Korjaussuunnittelu, Ennakkosuunnittelu, Oppilaitosrakennus, Purkaminen, Korjaaminen

Rakennusten vanhentuuessa ne eivät enää vastaa niiltä vaadittuja tämänhetkisiä ja tulevaisuuden tarpeita. Toimintojen takaamiseksi tulevaisuudessa on päätettävä, kuinka vanhan rakennuksen kanssa toimitaan. Vaihtoehtoina ovat usein joko purkaminen tai korjaaminen. Jotta voidaan hahmottaa paremmin purkamisen ja korjaamisen vaihtoehtoja sekä vaihtoehtojen sisältöä, on selvitettävä ennakkoon korjausrakentamisen tehtävä. Työssä käsitellään, mitä vaihtoehtoihin sisältyy, millaisia asioita päätöksessä täytyy huomioida ja mitä seurauksia korjauksista on. Tämä diplomityö ei ota kantaa missä vaiheessa mitään toimia tulisi rakennukseen kohdistaa.

Diplomityö on tehty osana Pohjois-Karjalan koulutuskuntayhtymän (Pkky) Otsolan A-talon ja Peltolan E-talon rakennushankkeiden ennakkosuunnittelua. Rakennukset eivät nykykunnossaan täytä enää oppilaitosrakennukselle asetettuja vaatimuksia. Tästä syystä rakennuksissa olevia tiloja on korvattu muualta löytyvillä tiloilla, ja tilojen käyttöasteet ovat jäämässä vähäisiksi.

Diplomityön kirjoitusvaiheessa ennen työn valmistumista, Pkky teki päätöksen purkaa Otsolan A-rakennus, mikä vaikutti työn sisältöön. Työ on kuitenkin viety loppuun alkuperäisen suunnitelman perusteella, mutta siihen lisättiin Peltolan E-talon välipohjien ja alapohjan tutkimus.

Korjausrakentamisen vaihtoehtojen ja purkamisen vaikutusten selvittäminen etukäteen rakennukselle on tulevaisuudessa tärkeää. Päätösten tueksi on saatava konkreettista tietoa rakennuksen tämänhetkisestä tilasta. Vanhojen rakennusten peruskorjaaminen ja perusparantaminen on nyt ja tulevaisuudessa iso osa siitä rakennustyöstä, joka kohdistuu suomalaiseen rakennuskantaan.

# ABSTRACT

TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Master's Degree Programme in Civil engineering

**SAMI ISONIEMI : Starting points of school building repairing project**

Master of Science Thesis, 74 pages, 18 Appendix pages

April 25, 2015

Major: Structural Engineering

Examiner: Professor Matti Pentti

Keywords: Restoration, Renovation planning, Preliminary planning, School building, Disassembly, Repairing

When buildings get older, they do not correlate to current and future requirement needs. In order to ensure a functional building in the future one has to decide what to do with the old building. Options are often to disassemble or renovate the building. In order to understand better the consequences of extensive renovation or disassembly and what is included in the case, there need to be a preliminary planning. This thesis does not take a stand when each action should be applied to the building. It will attempt to make clear what is included in the decisions, what needs to take into consideration and what are the consequences from the renovation.

This thesis is a part of Otsola A and Peltola E buildings pre-planning stage in the North Karelia municipal education and training consortium. Buildings don't meet the needs of requirements assigned to the school buildings at its current state. For this reason, some work spaces have been moved out of the A and E buildings. Utilization of these replaced spaces is minimal.

During the writing process of this thesis North Karelia municipal education and training consortium decided to demolish Otsola A and that changed the course of this thesis. Thesis is written by the original plan and there is added a comparison between renovation and disassembly of the building

Finding out the effects of the renovation options and disassembly in advance is important in the future. Substantial information about buildings current state is needed to make those decisions. Renovating and improving those old buildings is massive part of construction business in the future in Finnish buildings.

## ALKUSANAT

Tämä työ on tehty Tampereen teknilliseen yliopistoon diplomityöksi. Diplomityön rahoitti Tampereen teknillisen yliopiston tukisäätiö ja työ on tehty Pohjois-Karjalan koulutuskuntayhtymän (Pkky) kahdesta rakennuksesta. Diplomityön ohjaajana toimi TTY:ltä rakennustekniikan professori Matti Pentti ja Pkky:ltä tekninen johtaja Esko Tahvanainen sekä suunnitteluinsinööri Arto Päivinen.

Diplomityötä oli tarkoitus tehdä aluksi vain toisesta Pohjois-Karjalan koulutuskuntayhtymän rakennuksesta, jonka kohtaloa oli mietitty jo pitkään. Loppujen lopuksi työhön tulivat molemmat keskusteluissa esille tulleista rakennuksista dipöömityön aikana tapahtuneiden muutosten johdosta. Tarkasteltavina rakennuksina on Joensuuissa olevat Otsolan A-rakennus ja Peltolan E-rakennus. Työ on tehty Pkky:ltä saadun materiaalin, haastattelun sekä lähdetietojen avulla.

Haluan kiittää työni Pohjois-Karjalan koulutuskuntayhtymää mielenkiintoisen diplomityökohteen tarjoamisesta. Lisäksi haluan kiittää vanhempiani ja sisaruksiani, jotka ovat tukeneet diplomityön tekoa ja opintojani opiskeluaikanani sekä Tampereen teknillisen yliopiston tukisäätiötä diplomityön rahoittamisesta.

Tampereella 25. huhtikuuta 2015

Sami Isoniemi



# SISÄLLYS

1. Johdanto . . . . .	1
1.1 Tausta . . . . .	1
1.2 Tutkimusongelma ja tavoitteet . . . . .	2
1.3 Rajaukset . . . . .	3
1.4 Tutkimusmenetelmät . . . . .	3
1.5 Rakenne . . . . .	3
2. Pohjois-Karjalan koulutuskuntayhtymä . . . . .	5
2.1 Otsolan A-rakennus . . . . .	6
2.1.1 Yleistä . . . . .	6
2.1.2 Korjaushistoria . . . . .	8
2.1.3 Energiankulutus . . . . .	8
2.1.4 Lähdeaineisto . . . . .	10
2.2 Peltolan E-rakennus . . . . .	10
2.2.1 Yleistä . . . . .	10
2.2.2 Korjaushistoria . . . . .	12
2.2.3 Lähdeaineisto . . . . .	13
3. Kuntoarvio . . . . .	14
3.1 Kuntoarvion lähtökohdat . . . . .	14
3.2 Kuntoarvion vaiheet . . . . .	15
3.3 Kuntoarvion laajuus . . . . .	16
3.4 Kuntoarvioraportti . . . . .	16
4. Energiakatselmukset . . . . .	18
5. Pitkän tähtäimen kunnossapitosuunnitelma, PTS . . . . .	20
6. Energiansäästötoimenpiteiden kannattavuus korjaushankkeen yhteydessä . . . . .	22
7. Korjausrakennushankkeen kulku . . . . .	24
7.1 Korjausohjelma . . . . .	25
7.2 Tarveselvitys . . . . .	25
7.3 Hankesuunnittelu . . . . .	26
8. Koulurakennuksen korjauksessa huomioitavaa . . . . .	28
8.1 Opetustilojen toiminnallisuus . . . . .	28
8.2 Opetustilojen akustiikka . . . . .	28
9. Rakenteiden ja materiaalien vauriot . . . . .	30
9.1 Rakenteiden kosteus- ja mikrobivauriot . . . . .	30
9.2 Sisäilmaongelmat . . . . .	30
10. Rakennuksen purkaminen . . . . .	32
11. Rakennetyypit, riskit ja korjaaminen . . . . .	35
11.1 Otsolan A-rakennus . . . . .	36

11.1.1	Kellarin seinät ja alapohja . . . . .	36
11.1.2	Kellarirakenteiden korjaaminen . . . . .	37
11.1.3	Ulkoseinät ja ikkunat . . . . .	39
11.1.4	Ulkoseinien ja ikkunoiden korjaaminen . . . . .	41
11.1.5	Välipohjat . . . . .	42
11.1.6	Välipohjien korjaaminen . . . . .	43
11.1.7	Yläpohja . . . . .	44
11.1.8	Yläpohjan korjaaminen . . . . .	45
11.1.9	Väliseinät . . . . .	46
11.1.10	Väliseinien korjaaminen . . . . .	47
11.1.11	Ilmanvaihto . . . . .	47
11.1.12	Ilmanvaihdon korjaaminen . . . . .	49
11.2	Peltolan E-rakennus . . . . .	49
11.2.1	Kellarin seinät ja alapohja . . . . .	49
11.2.2	Alapohjan korjaaminen . . . . .	51
11.2.3	Välipohja . . . . .	52
11.2.4	Välipohjan korjaaminen . . . . .	54
11.2.5	Ulkoseinät . . . . .	56
12.	Otsolan perusparannuksen kustannukset . . . . .	58
12.1	Perusparannus . . . . .	59
12.2	Korjaustoimet ja energiansäästö . . . . .	62
12.2.1	Yhteenvedo . . . . .	63
13.	Purkamisen vaikutukset ja kustannukset . . . . .	66
14.	Johtopäätökset . . . . .	67
14.1	Otsolan A-talo . . . . .	68
14.2	Peltolan E-talo . . . . .	69
	Lähteet . . . . .	71
	Liite 1: Kuntoarvion lähtötietoja . . . . .	
	Liite 2: Otsolan sisäilmakysely 2005 . . . . .	
	Liite 3: Haastattelu Harri Pölönen . . . . .	
	Liite 4: Kustannus- ja määrälaskentaa . . . . .	
	Liite 5: Rakennusosien tavoitteelliset käyttöiät ja kunnossapitajaksot . . . . .	
	Liite 6: Rakenteiden lämmönläpäisyarvoja . . . . .	
	Liite 7: Korjauksen kustannukset ja energiansäästö . . . . .	

## TERMIT JA NIIDEN MÄÄRITELMÄT

Home	Mikrosieni, joka kasvattaa näkyvän monisoluisen rihmaston tai itiömassaa.
VOC	(engl. Volatile Organic Compound) Haihtuvia orgaanisia yhdisteitä, jotka voivat olla kaasuina huoneenlämmössä. Haihtuvat sisäilmaan materiaaleista tai mikrobien aineenvaihdunnan tuotteina (MVOC). Osa yhdisteistä on haitallisia ihmisille.
Mikrobi	On paljain silmin näkymätön eliö. Tällaisia eliöryhmiä ovat mm. bakteerit, sienet ja virukset. Tietyissä olosuhteissa kasvaa tiettyjä mikrobeja ja mikrobien esiintymisen perusteella voidaan tehdä päätelmiä kasvuolosuhteista. Tiettyjen mikrobien esiintyminen rakennuksissa on merkki rakenteiden liiallisesta kostumisesta aiheutuneesta kosteus- ja mikrobivauriosta.
Luginomassa	Koostuu kipsistä, hiekasta, koksikuonasta ja liimasta.
U-arvo	Lämmönläpäisykerroin. Arvo kuvaa rakenteen lämmöneristyskykyä. Kertoo kuinka paljon lämpöenergiaa siirtyy rakenteen läpi neliömetrillä yhden asteen lämpötilaerossa.
Sivutiesiirtymä	Ääni pääsee kulkeutumaan tilasta toiseen väli- tai ulkoseinän, ylä- tai alapohjan tai muun tiloja yhdistävän rakenteen kautta.
TEM	Työ- ja elinkeinoministeriö.
Kohdepoisto	On ilman poistamista suoraan epäpuhtauslähteestä, jolloin epäpuhtaudet eivät pääse leviämään työilmaan. Kohdepoisto sopii pieniin homepölyä synnyttäviin töihin ja pölyn työnaikaiseen keräämiseen osastointimenetelmässä.
PTS	Pitkántähtäimensuunnitelma tai -kunnossapitosuunnitelma. Ehdotus päätöksenteon tueksi, jossa listataan tulevat korjaukset, jolloin niihin voidaan varautua paremmin.
Karbonatisoituminen	Betonirakenteissa ilman hiilidioksidi reagoi sementtikiven alkalisten hydroksidien kanssa, ja neutraloi betonin rakeneräksiä suojaavan emäksisyyden. Karbonatisoituminen etenee rintamana pinnasta kohti syvempiä osia.

Rapautuminen	Lämpörapautumisessa rakenne ei pääse laajenemaan vapaasti, vaan auringon lämmön vaikutuksesta ja materiaalin lämpölaajenemisesta johtuen, rakenteeseen syntyy pakko-voimia, jotka aiheuttavat halkeamia rakenteeseen. Pakkasrapautumisessa rakenteen halkeamiin jäänyt nestemäinen vesi laajenee jäätyessään ja aiheuttaa materiaalin halkeamisen.
Dynaaminen jäykkyys	Huokoisten materiaalien ominaisuus. Muodostuu materiaalin jäykkyydestä ja materiaalin sisältämän ilman jäykkyydestä. Esitetään mineraalivilloille yksikköalaa kohti, koska materiaali on jatkuva.

# 1. JOHDANTO

## 1.1 Tausta

Opetushallitus on verkkosivuilla kiteyttänyt oppilaitosrakentamisen seuraavalla tavalla. "Oppilaitosrakentaminen on uusien haasteiden edessä, sillä käsitys oppimisesta ja opetustyön luonteesta on muuttunut. Uudet teemakeskeiset työskentelytavat ja opetusmenetelmät edellyttävät oppilaitoksien fyysiseltä ympäristöltä ja tiloilta uudistumista. Jatkuvasti kehittyvä teknologia asettaa myös omat haasteensa toimittiloille. Pedagogiset ja hallinnolliset muutokset sekä rakentamisen normiohjauksesta luopuminen ovat asettaneet oppilaitosten ylläpitäjille entistä enemmän vastuuta uusien tilojen rakennettaessa ja vanhoja peruskorjattaessa." [26]. Oppilaitosten korjaamisessa ja rakentamisessa täytyy muistaa ottaa huomioon rakennuksen toiminnalle asettamat omat erityisvaatimukset. Toimivan oppilaitoksen tulee täyttää siltä vaaditut tavoitteet ja olla lisäksi terveellinen, turvallinen ja viihtyisä työ- ja opiskelu-ympäristö eri-ikäisille käyttäjille. Diplomityöhön koottuja korjausehdotuksia ja korjauksen yhteydessä tehtävien toimintojen tai rakenneosien toiminnan muutoksia voidaan soveltaa yhtä hyvin myös uudisrakennuksen suunnitteluun. Rakenneosien muutoksissa on pyritty ottamaan huomioon juuri oppilaitosrakennuksessa syntyvät tarpeet, niin akustiikan, sisäolosuhteiden kuin toiminnankin kannalta.

Oppilaitosrakennukset ovat viimeaikoina olleet usein julkisuudessa rakennushankkeissa jälkeenpäin huomattujen ongelmien ja rakennusvirheiden takia. Oppilaitosrakennuksen korjaaminen vaikuttaa lisäksi moneen sidosryhmään, joiden toiminnan yhdistäminen rakennushankkeeseen tulee ottaa jollain tavoin huomioon. Otsolan A-talon tapauksessa rakennus sijaitsee keskeisellä paikalla Otsolan koulualueella, rakennustoiminta tulee vaikuttamaan alueen toimintaan laajasti ja se näkyy alueen ulkopuolelle. Rakennusta käyttää tällä hetkellä useampi käyttäjäryhmä ja korjauksen jälkeen sen käyttöasteen nostaminen tarkoittaa vielä useamman käyttäjäryhmän tulemistakin rakennukseen. Hyvin suunniteltu ja toteutettu rakennusurakka kertoo, että rakennuksen tulevia toimintoja on myös mietitty.

Pohjois-Karjalan koulutuskuntayhtymällä oli alun perin tarve selvittää päädytäänkö Otsolan A-talon purkamiseen vai korjaamiseen rakennuksessa havaittujen ongelmien takia. Marraskuussa 2014 rakennuksesta tehtiin päätös, ennen kuin tämä asiaa

tutkinut diplomityö oli saatu valmiiksi. Tiloissa on havaittu terveydelle haitallisia mikrobeja, toimistotilojen ilmanlaatu on ollut heikkoa, luokkatiloissa on havaittu vetoa ja oppilaat ovat kärsineet pitkien opetusjaksojen yhteydessä ihoärsytystä. Rakennuksessa on teetetty vuosina 2005-2014 yhteensä kahdeksan erilaista tutkimusta, joiden avulla on yritetty saada selville syyt huonoon sisäilmaan. Tutkimustulosten suositusten avulla tehdyillä korjauksilla ei ole saatu rakennuksen ilmanlaatua ja sisäolosuhteita parannettua.

Peltolan E-talossa ongelmat ovat samansuuntaisia. Peltolassa havaittujen sisäilmaongelmien aiheuttajaksi on tutkimuksissa havaittu välipohjissa olevat rakennusai-  
kaiset valumuotit, jotka mahdollistavat mikrobien kasvun rakenteessa. Mikrobien aiheuttamat ongelmat ovat olleet pääsyynä rakennuksessa todettuun huonoon sisäilmaan. Työssä esitetään mahdollista ratkaisua välipohjien ongelmaan, sekä esitellään muita rakennuksesta löytyviä mahdollisia ongelmia. Peltolan rakennuksen suojelun ja rakennusperinteen huomioon ottaminen opetustoiminnan järjestämisen lisäksi rakennuksessa on hyvin haastavaa.

## 1.2 Tutkimusongelma ja tavoitteet

Diplomityön tavoitteena on tuottaa selvitys Pohjois-Karjalan koulutuskuntayhtymän Otsolan A-talosta ja Peltolan E-talosta rakennuksen tähänhetkisestä kunnosta ja tutkia millaisiin korjaustoimenpiteisiin rakennuksessa täytyisi ryhtyä ongelmien poistamiseksi. Työn tulisi määrittää ne toimenpiteet, joilla rakennuksen käyttöikää voitaisiin jatkaa niin, että se vastaisi tämän hetkisten ja tulevaisuuden opetustilojen tarpeita. Työssä on tutkittu, mitä Otsolan rakennuksen käytöstä poistaminen tulisi kustantamaan verrattuna korjauskustannuksiin. Työn alkuperäisenä tavoitteena oli tuottaa sellainen selvitys, jolla pystyttäisiin päättämään purku tai korjaus vaihtoehdon välillä. Otsolan purkupäätöksen syitä käydään läpi työn lopputuloksiin. Vertailu rakennuksen korjaamisen ja purkamisen välillä ei ole suoraan järkevää. Korjauksen tuloksena on toimiva tarpeiden mukainen rakennus, kun purkamisen tuloksena rakennuksen toiminta loppuu. Pohjois-Karjalan koulutuskuntayhtymä on aikeissa kuitenkin rakentaa uuden rakennuksen puretun tilalle.

Peltolan E-rakennuksen tapauksessa tavoitteena on selvittää, miten välipohjien sisällä oleva orgaaninen puuaines voitaisiin poistaa tai eristää niin, että sisäilmaongelmat vähenisivät ja kuinka rakennuksen sisäilmaongelmia voitaisiin muutenkin vähentää.

### 1.3 Rajaukset

Työ käsittelee pelkästään olemassa olevia rakennuksia. Se ei ota kantaa mahdollisesti puretun rakennuksen tilalle tehtävästä uudesta rakennuksesta. Lisäksi tarkastelu kohdistuu pelkästään rakennuksen rakenteisiin, niiden toimintaan ja kustannuksiin. Kuitenkin tulevan suunnittelun täytyy ottaa huomioon rakennuksen toiminnallisuus, viihtyisyys ja tarjottavat palvelut.

### 1.4 Tutkimusmenetelmät

Diplomityö on toteutettu lähdeaineistoa käyttäen kirjallisuustutkimuksena, jossa on käytetty Otsolan A-talosta ja Peltolan E-talosta Pohjois-Karjalan koulutuskuntayhtymältä saatuja alkuperäisiä ja korjauksien yhteydessä muokattuja rakennepiirustuksia, kuntoarvioita ja -tutkimuksia, sisäilmatutkimuksia, IV-koneiden listauksia, huoltokirjoja, dokumentteja tehdyistä muutoksista rakennuksessa sekä valokuvia rakennuksesta. Saadut dokumentit on listattu toisen kappaleen lähdeaineisto kohdassa. Rakenteisiin korjauksissa tehtävät muutokset ja työn teoreettinen osuus on tehty kirjallisuutta ja lähteitä tutkimalla. Rakennuksen tämänhetkistä toimintaa on taustoitettu rakennuksen tiloissa toimivan Pohjois-Karjalan ammattiopiston Joensuun palveluiden rehtoria Harri Pölöstä haastatteleamalla ja tekniseltä johtajalta Esko Tahvanaiselta saatuja kommentteja rakennuksen purkamispäätöksestä.

### 1.5 Rakenne

Diplomityön aluksi esitellään Pohjois-Karjalan koulutuskuntayhtymä ja työn kohteena olevat Otsolan A-talo ja Peltolan E-talo. Työssä käydään läpi aiheeseen kuuluvaa teoriaa luvuissa 3-9, joista selviää, mistä rakennuksen korjaussuunnitelmien pohjatiedot muodostuvat, kuinka niitä voidaan kerätä rakennuksen käyttöaikana ja teoria rakennuksen korjaushankkeen vaiheista pohjatietojen selvityksen jälkeen. Luvussa 8 diplomityön aiheena oleville rakennetarkasteluille on pyritty tuomaan näkökulma opetustapojen tutkimuksista ja kuinka oppilaitosten korjaamisen yhteydessä voidaan ottaa huomioon opetustyöstä tehty tutkimus. Yhdeksännessä luvussa käsitellään rakenteiden vauourioitumismekanismeja kuinka ne vaikuttavat rakenteeseen.

Diplomityön tutkimus on kohdistunut rakennuksien rakennusosien ja talotekniikan selvittämiseen luvussa 11. Otsolan ja Peltolan rakennusten rakenneosia on tutkittu yksityiskohtaisesti saadun materiaalin perusteella. Tutkimustietoa käytetään hyväksi suunniteltaessa rakennusosien korjaukset. Otsolan A-rakennuksessa rakenteille on tehty esitys perusparannuksesta sekä tutkittu sen kustannuksia. Peltolan rakenteista välipohjien rakenteita on tutkittu suunnitelman mukaisesti enemmän. Lisäksi purkamisen kustannuksia on arvioitu jonkin verran. Luvuissa 12 ja 13 esitellään Otsolan ja

Peltolan rakennuksien alustavat korjausehdotukset ja kustannuksien alustava esittely. Lisäksi luku 14 esitelty purkamiseen liittyviä kustannuksia.

Johtopäätökseksi on molemmista rakennuksista tehty yhteenveto rakennuksen toiminnasta ja tehtyjen tutkimusten pohjalta on tehty ratkaisu tutkimusongelmiin. Vaikka Otsolan rakennuksen tutkimuskysymys ratkaistiinkin diplomityön aikana, yhteenvetoon on kerätty myös päätöksen teon pohjana olleita syitä. Yhteenvedossa on pohdittu myös Peltolan E-talon korjauksen vaikutuksia rakennuksen sisäilmaan.



## 2. POHJOIS-KARJALAN KOULUTUSKUNTAYHTYMÄ

Pohjois-Karjalan koulutuskuntayhtymän (Pkky) omistaa yhdessä 13 kuntaa: Ilo-mantsi, Joensuu, Juuka, Kitee, Kontiolahti, Lieksa, Liperi, Nurmes, Outokumpu, Polvijärvi, Rääkkylä, Tohmajärvi ja Valtimo. Koulutusta ja palvelutoimintaa to-teuttavilla Pohjois-Karjalan ammattiopistoilla on toimintoja seitsemällä eri paikka-kunnalla kahdeksassa eri toimipisteessä. Lisäksi Pohjois-Karjalan aikuisopisto toi-mii ympäri Suomea. Kuntayhtymän jäsenkunnissa on 168600 asukasta. Pkky:n ylin toimintavalta on jäsenkunnista valitulla valtuustolla, jossa on 54 jäsentä. Valtuus-to valitsee hallituksen, jossa on tällä hetkellä 11 jäsentä ja 5 hengen tarkistuslau-takunta. Hallituksen alaisuudessa toimii myös koulutuskuntayhtymän johtoryhmä, johon kuuluu kuntayhtymän johtaja, henkilöstöpäällikkö, kehitysjohtaja, oppilaitos-ten rehtorit, suunnittelujohtaja, talousjohtaja, tekninen johtaja, tietohallintopääl-likkö ja viestintäpäällikkö. Yhteensä Pkky:n alaisuudessa toimii henkilöstöä yhteen-sä 1025 henkeä, joista opetushenkilökuntaa on 660. Opiskelijoita koulutusyksiköissä on noin 7500. [19]



*Kuva 2.1: Koulutuskuntayhtymään kuuluvat kunnat. Kuva Pkky:n verkkosivut. [19]*

## 2.1 Otsolan A-rakennus

### 2.1.1 Yleistä

Rakennus sijaitsee Joensuussa Otsolan kaupunginosassa osoitteessa Tulliportinkatu 3. A-talo on valmistunut yhdessä usean muun rakennuksen kanssa 1967. Arkkitehtinä rakennuksilla on ollut Martti Hakala. Rakennukset on suunnitellut insinööritoimisto Juva. Rakennus on ilmakuvassa 2.2 taka-alalla oleva poikittainen rakennus. Kuva on otettu rakennuksen länsi-etelä -julkisivusta. Rakennuksen kokonaispinta-ala on noin 5800 m<sup>2</sup> ja huone-alaa on noin 4600 m<sup>2</sup>. Runkorakenteena on paikalla



*Kuva 2.2: Otsolan päärakennuksen ilmakuva. Kuva Pkky:n arkisto.*

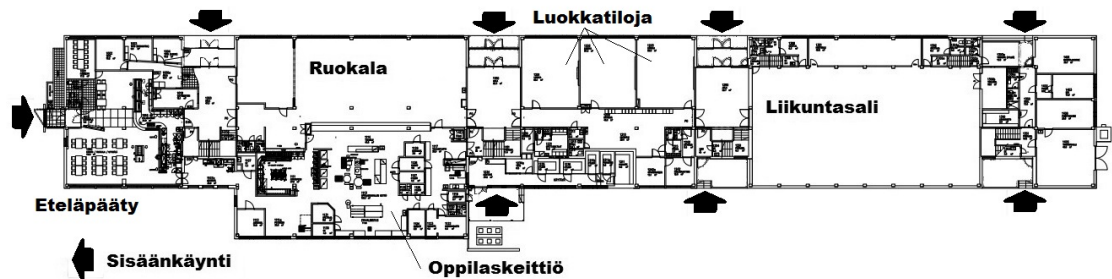
valettu betonirunko. Välipohjat ovat paikalla valettuja reunapalkillisia massiivisia teräsbetoni-laattoja. Reunapalkit muodostavat ulkoseinän sisäkuoren palkin kohdalla. Ulkoseinärakenteena on tiili-villa-tiili -seinä. Ikkuna-aukkojen ylitykset on tehty ikkunapalkeilla, jotka on tuettu reunapalkista. Palkit muodostavat rakennuksen julkisivuun yhtenäisen nauhamaisen ilmeen, jota korostaa pitkillä julkisivuilla suuret nauhamaiset ikkunat.

Vesikatto on kolmelta suunnalta sisäänpäin kaatava aumakatto. Kaadot on tehty pitkän länsisivun reunalla yläpohjan sisään laskeutuvan rännin kautta. Betonisella yläpohjalla on puiset kattopohjarakenteet. Liikuntasalin kohdalla kattorakenteet on toteutettu teräsbetonisilla kattopalkeilla.

Kaksikerroksisessa A-talossa on lisäksi kellari- ja ullakkotila. Rakennuksessa on kaksi kellariosastoa, jotka eivät ole keskenään yhteydessä. Kellarin huonekorkeus lattiasta kattopalkkien alapintaan on 2300 mm. Eteläpäädyn kellaritilassa on neljä suojahuonetta, joiden koko vaihtelee 44-55 m<sup>2</sup>. Rakennuksen keskellä olevassa kellaritilassa on pääasiassa varastotilaa, kylmiö sekä pukuhuone. Yhteensä kellarikerroksessa on huonealaa 600 m<sup>2</sup>. Rakennuksen alla liikuntasalin kohdalla ja kellaritilojen välissä

on ryömintätilallista alapohjaa. Ryömintätilaan on sijoitettuna putkireittejä.

Neljä porrashuonetta jakaa rakennuksen kolmeen suunnilleen yhtä suureen osaan, ja lisäksi pohjois- ja eteläpäätyyn. Rakennuksen keskellä on pituussuuntaan kulkeva käytävä molemmissa kerroksissa. Sisäänkäynnit ovat ensimmäisen kerroksen kaikkien neljän porrashuoneen kohdalta rakennuksen länsisivulta ja kolmen porrashuoneen kohdalta rakennuksen itäisivulta. Kahvila-myymälään on sisäänkäynti rakennuksen eteläpäädyssä. Rakennuksen ensimmäisen kerroksen pohjakuvassa 2.3 on merkittynä kaikki sisäänkäynnit. Keittiön yhteydessä on rakennuksen ainoa hissi. Rakennuksen



*Kuva 2.3: Otsolan ensimmäisen kerroksen pohjakuva. Kuva: PKKY:n arkisto Otsolan rakennekuvat*

ensimmäisen kerroksen eteläpäädyssä on kahvio-myymälä sekä toimistotilaa. Eteläpäädyn ensimmäisen ja toisen porrashuoneen välissä on teollisuuskeittiö ja oppilasta ja työpaikkaruokala. Seuraavassa osassa on luokkatilaa, toimistotiloja, sosiaalitiloja oppilaille ja henkilökunnalle sekä viisi pakaste- tai kylmiötilaa. Kolmannessa osassa on koko rakennuksen korkuinen liikuntasali ja sen yhteydessä on kuntosali, varastotilaa, puku- ja pesuhuoneet sekä kulku toisen kerroksen oppilaspukuhuoneisiin. Rakennuksen pohjoispäädyssä on rakennuksen tekniset tilat, Joensuun kaupungin muuntamo, sähköpääkeskus ja lämpökeskus. Ulkoa on käynti traktoritalliin ja varastotilaan. Huonekorkeus ensimmäisessä kerroksessa on 2700 mm, ja huonealaa on 2190 m<sup>2</sup>.

Toisessa kerroksessa huonealaa on hieman vähemmän, 1550 m<sup>2</sup> ja huonekorkeus on 2450 mm. Toisen kerroksen eteläpäädyssä on opettajanhuoneet ja sosiaalitilat. Rakennuksen keskellä, ensimmäisen kerroksen ruokalan kohdalla, on opetuskeittiö, varastoja, kylmiöt sekä opiskelijoiden puku- ja pesutilat, työpukuhuoltamo ja pesula. Luokkatilojen kohdalla on kaksi opetuskeittiötä, oppilaiden puku- ja pesutila ja kaksi tietokoneluokkaa. Liikuntasali on kahden kerroksen korkuinen. Liikuntasalin yhteydessä toisessa kerroksessa on oppilaspukuhuoneet. Toisen kerroksen pohjoispääty on toimistotilaa. Toimistotilat ovat opettajien, opinto-ohjaajan ja opintosihteerien käytössä.

Rakennuksen ullakkokerroksessa on kuusi ilmanvaihtokonehuonetta suuruudeltaan 19-59 m<sup>2</sup>, hissikonehuone 8 m<sup>2</sup> sekä konehuoneita yhdistävä käytävä. Yhteensä ullakolla on 280 m<sup>2</sup>. Otsolan A-talosta on siirtynyt paljon toimintoja pois, ja rakennuksen käyttöasteet ovat hyvin alhaiset. Ensimmäisen kerroksen luokkatiloja käytetään vain muutamille opintoryhmille. Toisen kerroksen opetuskeittiötä ei enää käytetä, vaan opetus on siirtynyt muualle. Rakennuksen liikuntatiloja, ruokalaa ja keittiötä käytetään paljon, koska ne ovat koulualueen ainoat liikunta ja ruokailutilat. Lisäksi toisen kerroksen pohjoispäädyn toimistotilat ovat vielä täysin käytössä.

### 2.1.2 Korjaushistoria

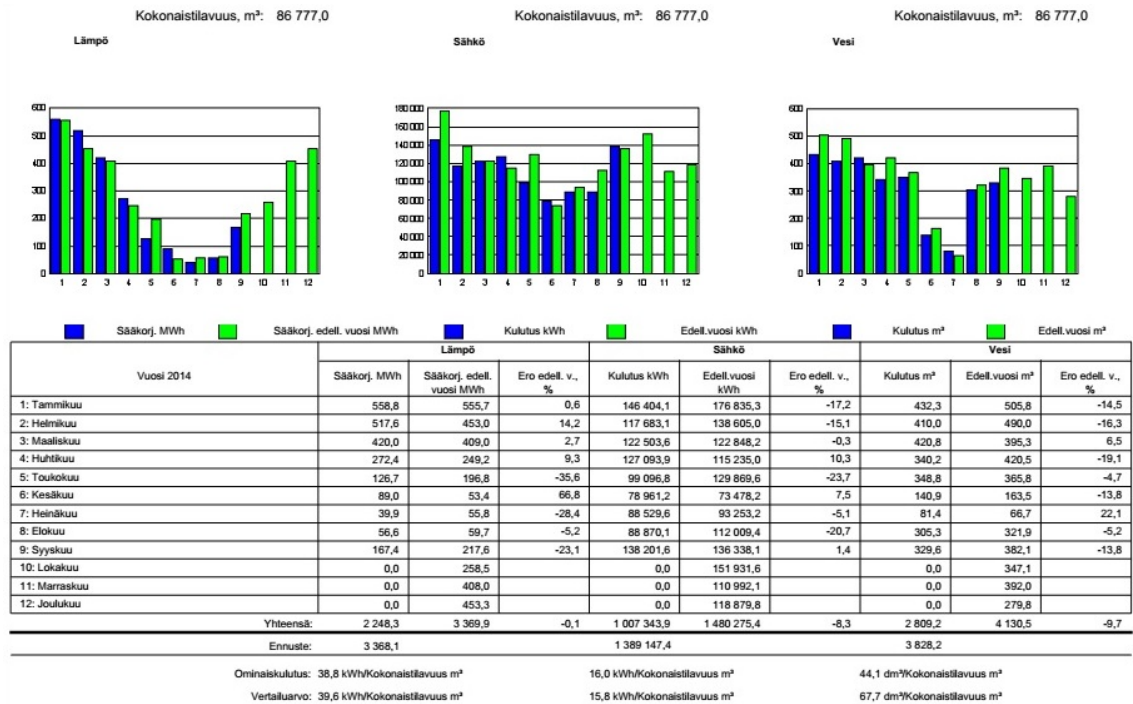
A-talon korjaushistoriaa on selvitetty saadun materiaalin perusteella. Rakennukseen on jälkikäteen muutettu koneellinen ilmanvaihto, jolloin rakennuksen yläpohjan päälle on rakennettu IV-konehuoneet, joista tehdyt leikkauskuvat on päivätty 1994 ja 1999. IV-koneiden listauksen mukaan vanhimmat koneet on otettu käyttöön 1994 ja viimeisimmät 2007, jolloin rakennukseen on tehty alapohjien koneellinen tuuletus. Lisäksi tuloilmakoneille on tehty ohjaustavan muutostyö 2008.

Rakennukseen on tehty vuonna 2000 mittava korjaus, jossa on uusittu viemäreitä, ilmanvaihtoa ja lämmitysjärjestelmiä. Oppilaskeittiötä on myös laajennettu, jolloin rakennuksen itäisivulle on tehty rakennuksen julkisivusta ulkoneva yhden kerroksen korkuinen lisäosa. Ensimmäisen kerroksen luokkatilaan on vuonna 2010 tehty oppilastoimisto. Samana vuonna on uusittu myös rakennuksen kuulutusjärjestelmä.

Rakennuksen ikä huomioon ottaen, korjauksia ja muutoksia on tehty myös ennen vuotta 1994, mutta näistä ei ole saatu diplomityöhön mitään materiaalia. Rakennusta on oletettavasti korjattu useinkin sen historian aikana, mutta suurimmat korjaukset ovat olleet juuri 2000-luvun alussa. Korjauksista on olemassa kattavasti LVI- ja arkkitehtikuvia, joiden avulla tehtyjä korjauksia on ajoitettu. LVI-kuvat on tehnyt insinööritoimisto Jormakka Oy ja arkkitehtikuvista on vastannut arkkitehtuuri-toimisto Lappalainen & Korjonen.

### 2.1.3 Energiankulutus

Otsolan A-talosta oli saatavilla kattava energiankulutuksen seuranta, jossa on eriteltyä lämmitysenergian, sähkön ja veden vuosikäyttö kuukausittain vuoden 2013 ja kuluvan vuoden 2014 ajalta. Seurannan tuloste kuvassa 2.4. Rakennuksen lämmitysenergian vuosikulutus on vuonna 2013 ollut 3369,9 MWh, eli kulutus rakennuskutille 38,3 kWh/rm<sup>3</sup>. Sähkönkulutus 1480,3 MWh eli 16 kWh/rm<sup>3</sup>. Vedenkulutus

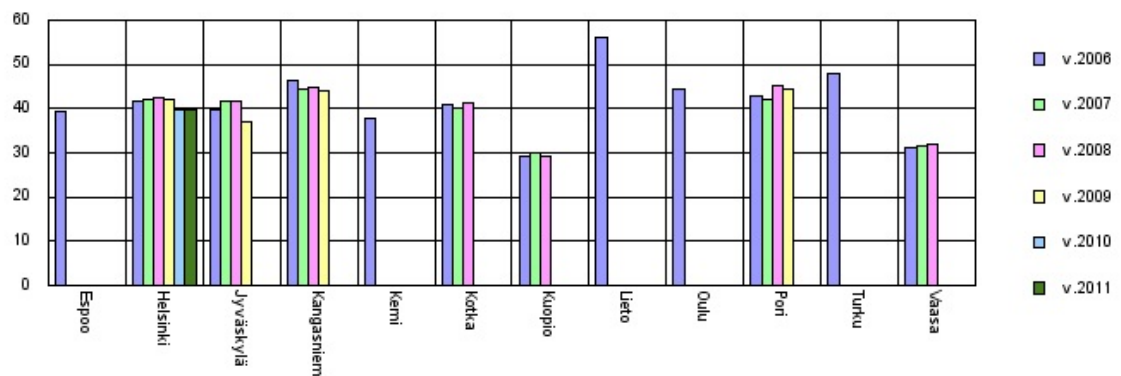


**Kuva 2.4:** Otsolan A-talon lämmitysenergian-, sähkön- ja vedenkulutus 2013 ja 2014. Kuva Pkky:n tilapalvelut.

4130,5 litraa vuodessa eli 44,1 dm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>.

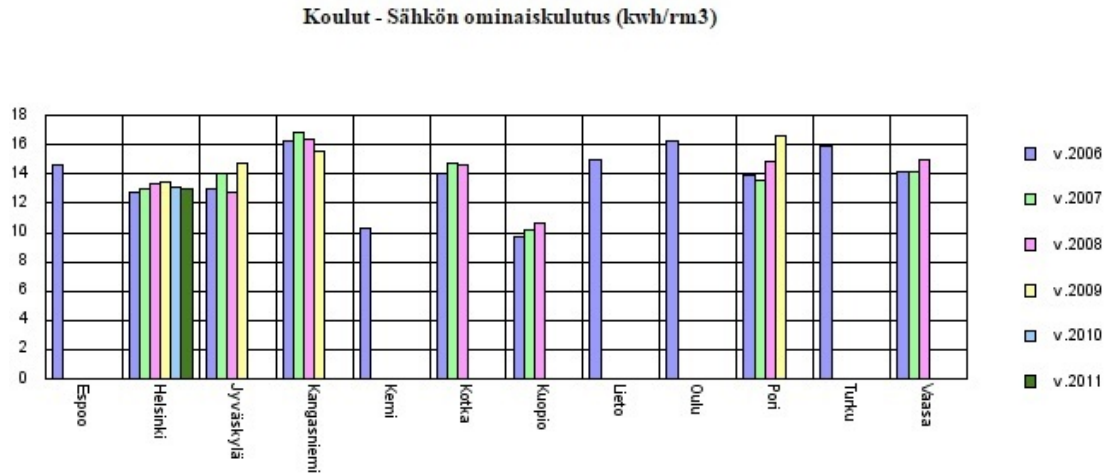
Energiankulutuksen vertailuksi on e<sup>3</sup>Portaalista saatuja energiankulutuksia koulurakennuksille. Kuvassa 2.5 on lämmitysenergian sääkorjattuja ominaiskulutuksia ja kuvassa 2.6 sähkönkulutusta.

**Koulut - Sääkorjattu lämmön ominaiskulutus (kwh/rm3)**  
(Korjaus Hki-Vantaalle)



**Kuva 2.5:** Koulurakennusten lämmön ominaiskulutuksen vertailuarvoja e<sup>3</sup>Portaali <http://e3portal.vtt.fi/>

Vertailuarvojen perusteella energiankulutus Otsolan A-talossa on suurin piirtein sa-



**Kuva 2.6:** Koulurakennusten sähkön ominaiskulutuksen vertailuarvoja e<sup>3</sup>Portaali <http://e3portal.vtt.fi/>

mallalla tasolla e<sup>3</sup>Portaalista löytyvien muiden koulurakennusten tasolla. Rakennuksen korjaamisen yhteydessä tehtävillä energiansäästötoimenpiteillä pystytään parantamaan rakennuksen energiataloutta.

## 2.1.4 Lähdeaineisto

Diplomityöhön saadussa aineistossa oli runsaasti kuvamaterisaalia, raportteja sekä muuta kirjallista materiaalia. Lähdeaineisto PKKY:ltä Otsolan A-talon osalta.

- Viimeisimmät päivitettyt arkkitehti-, LVI- ja sähkökuvat rakennuksesta
- Rakenteiden leikkauskuvia vuodelta 1966 (A-, B-, C-, D- ja E-talot)
- Ilmakuvia rakennuksesta
- Listaus IV-laitteista ja huolto raportit
- Asiakirjoja tehdyistä korjaustöistä rakennukseen
- Yhteenveto rakennuksessa vuosina 2005-2010 tehdyistä kuntotutkimuksista ja sisäilmaselvityksistä ja kaikki yhteenvedossa mainitut tutkimukset ja selvitykset kokonaisuudessaan.
- Pohjoispäädyn toisen kerroksen toimistotilojen sisäilman riskikartoitus (17.9.2014)
- Otsolan sisäilmakysely 2005
- Energiankulutusraportti tammikuu 2013-syyskuu 2014

## 2.2 Peltolan E-rakennus

### 2.2.1 Yleistä

Peltolan E-talo sijaitsee Joensuussa Penttilän kaupunginosassa osoitteessa Peltolan-  
katu 4. Rakennus on valmistunut vuonna 1934 puolustusvoimien kasarmiksi. Raken-



nuksessa on syksyllä 1946 aloittanut Pohjois-Karjalan keskusammattikoulu. Rakennuksessa toimii tällähetkellä Pohjois-Karjalan ammattiopisto. Rakennus on suojeltu sen historiallisten arvojen vuoksi. Rakennuksen suojelun laajuutta tai vaikutusta ei ole selvitetty tarkemmin. Rakennus edustaa 1930-luvun funktionaalista tyyliä ja se on rapattu vaaleaksi. Rakennus ilmakuvasa 2.7. Peltolan E-rakennus on tehty sekarungolla, joka tuli käyttöön Suomessa yleisesti 1930-luvulla. Rakennus on alun perin ollut kaksikerroksinen, mutta sitä on korotettu kolmikerroksiseksi 1953. Mika Paljakan ja Juha Montosen kirjoittaman historiikin 50 vuotta ammattikoulutusta Pohjois-Karjalassa mukaan rakennuksen korotustyö on tehty kokonaan oppilastyönä [10]. Rakennuksen keskellä on sisääntuloaula ja porraskäytävä, joka jakaa rakennuksen pohjois- ja eteläsiipeen. Sisääntuloaulan ja porrashuoneen osa ulkonee hieman rakennuksen julkisivusta. Samoin rakennuksen katto on keskeltä korkeampi ja tasakattoinen. Rakennuksen siivissä on harjakatto. Rakennuksen ulkoseinät ovat muurattua 600 mm tiiliseinää. Rakennuksen keskellä on kahteen riviin sijoitetut rautabetonipilarit.



*Kuva 2.7: Peltolan päärakennuksen ilmakuva. Kuva Pkky:n arkisto.*

Pilaririvistö kulkee rakennuksen pituussuunnassa vain osittain. Muualla rakenne on kannatettu tiiliväliseinällä. Rakennuksen välipohjat ovat alalaattapalkistoa, rakennuksen yläpohjan ollessa massiivinen betonilaatta. Porrashuoneet on sijoitettu rakennuksen molempiin päihin, sekä rakennuksen keskelle sisääntuloaulaan. Keskimäisen porrashuoneen seinät on toteutettu 1930-luvun tyyliin myös kahdenkiven

tiilimuurina. Rakennuksesta löytyy myös kaksi hissiä: Henkilöhissi, joka on rakennuksen keskellä porrashuoneen yhteydessä ja tavarahenkilöhissi rakennuksen pohjoisosassa.

E-talon kellarikerros sijoittuu pääosin rakennuksen keskelle, jossa on opiskelijoiden pesu- ja pukuhuonetiloja, varastoa ja teknistä tilaa. Lisäksi rakennuksen kellarikäytävä kulkee molempiin siipiin ulkoseinän vieressä. Suurin osa siipien kellaritilasta on tuulettuvaa alapohjaa, johon on käynti kellarin varastotiloista. Rakennuksen ensimmäisessä kerroksessa on leipomo- ja konditorioalan opetukselle varusteltuja tiloja. Pohjoispäädyssä on opetuskeittiö ja keittiön varasto, kylmä- ja pakastetilat, luokkatiloja ja myymälä. Kerroksen eteläpäädyssä on ruokala ja laitoskeittiö, jolla on omat kylmä- ja pakastetilat. Lisäksi laitoskeittiön yhteydessä on tavaran vastaanotto ja käsittelytilat. Sisäänkäynnit ovat rakennuksen molemmissa päissä, rakennuksen keskellä molemmilla puolilla sekä tavaran vastaanottotilaan.

Rakennuksen toisessa kerroksessa on opetus- ja toimistotiloja. Kirjasto, lukusali ja ryhmätyötilat löytyvät kerroksen eteläisestä osasta. Kolmannen kerroksen pohjoispäädyn tilat ovat hius- ja kauneudenhoitoalan opetukseen suunniteltuja. Eteläpäädy on vielä tällä hetkellä laboratorioalan tiloja ja varastoa. Lisäksi kerroksessa on luokkahuoneita. Toisessa ja kolmannessa kerroksessa on tuuletusparvekkeet rakennuksen molemmissa päissä. Ilmastointikonehuoneet löytyvät ullakolta rakennuksen neljännessä kerroksesta. Ilmanvaihtokonehuoneet on sijoitettu rakennuksen molempiin päihin ja leveyssuuntaan rakennuksen keskelle. Reunatilat ovat kylmäullakkoa, jota käytetään varastotilana. Ullakolla on teknistentilojen lisäksi ryhmätyötila sekä opettajanhuone, joiden yhteydessä on kaksi wc:tä.

Peltolan E-talo on suhteellisen korkealla käyttöasteella, ja koulutuksen vaatimia erikoistiloja käytetään paljon. Rakennuksessa on muutamia tiloja, jotka kärsivät erityisen paljon sisäilmaongelmista eikä niitä ole kyetty korjauksilla poistamaan.

### 2.2.2 Korjaushistoria

Saadussa aineistossa Peltolan E-talon korjaus- ja muutostöistä on dokumentaatiota vain muutamista 2000-luvulla tehdyistä korjauksista. Rakennukseen suurkeittiön astianpesulinjasto on uusittu vuonna 2006, jätevesipumppaamon asennus 2006, suur- talouskeittiön muutos elintarvikekeittiöksi 2007 ja hius- ja kauneudenhoitoalan tilojen muutostyöt 2007-2008. Lisäksi materiaalissa oli muutamia tilamuutoksia, kuten vahtimestarin tila ja keittiön toimisto, joiden asiakirjoista ei selvinnyt toimenpidevuotta.



### 2.2.3 Lähdeaineisto

Peltolan E-talon osalta sisälsi kattavasti kuvia, raportteja ja muuta kirjallista materiaalia.

- Viimeisimmät päivitetyt arkkitehti-, LVI- ja sähkökuvat rakennuksesta
- Valokuvia rakenteista ja turmeltumisilmiöistä materiaalien pinnalla
- IV-koneiden huoltoraportti(25.5.2007)
- Asiakirjoja tehdyistä korjaus- ja muutostöistä rakennuksessa
- Sisäilmamittausten raportti (13.2.2006)
- Välipohjan rakenne- ja kuntotutkimukset Peltolan E-talon 3. kerros (18.4.2007)
- Peltolan E-talon laboratoriotilojen sisäilmatutkimukset (1.3.2012) ja samojen tilojen sisäilman seurantamittaukset (2.11.2012)
- Tapahtumaraportti 1.1.2012 - 24.11.2014

### 3. KUNTOARVIO

Kuntoarvioinnilla saadaan tieto rakennuksen nykykunnosta ja korjaustarpeista. Kerätyn tiedon perusteella voidaan arvioida rakennuksen korjausrakentamisen kustannustarpeista. Rakennuksen suunnitelmalliseen kunnossapitoon kuuluu kuntoarvion teettäminen. Kuntoarviolla pystytään ennakoimaan mahdollisia korjaustarpeita, ennakoimaan tarvittavia huoltotöitä ja etsimään syitä tiloissa esiintyville ongelmille. Näin saadaan hyvä kokonaiskuva rakennuksen kunnosta arviointi hetkellä. Kuntoarvioraportissa annettujen suositusten perusteella voidaan määrittää tarvittavia lisätutkimuksia. Liitteestä 1 löytyy kuntoarvion tekemiseen tarvittavia lähtötietoja.

#### 3.1 Kuntoarvion lähtökohdat

Rakennuksen toiminnan vaatimuksia mitataan tavoitetasolla, jota verrataan rakennuksen nykytilanteen lähtötasoon. Lähtötasolla tarkoitetaan rakennuksen teknistä ja toiminnallista kykyä täyttää käyttäjän tai omistajan sille asettamia vaatimuksia. Taulukkoon 3.1 on listattu rakennuksen laatuominaisuuksia käytettävyyden ja koettavuuden kannalta. Tavoitetasoksi asetetaan rakennuksen tekninen, toiminnallinen

Taulukko 3.1: Rakennuksen laatuominaisuudet [1]

<b>Käytettävyys</b> konkreettiset käyttöarvotekijät	<b>Koettavuus</b> abstraktit käyttöarvotekijät
Toimivuus -Tilajako -Mitoitus -Muoto -Yhteydet Turvallisuus Terveellisyys Muunneltavuus Ylläpidettävyys	Esteettinen arvo Suhde ympäristöön Sisäilmasto Huoneakustiikka Ulkopuolinen melu Valaistus Virikkeellisyys Historiallinen arvo -Rakennushistoriallinen arvo -Miljöoarvo -Tyypillisyyssarvo -Merkityssarvo -Ainutlaatuisuusarvo

ja ulkonäöllinen tila, johon korjauksella halutaan päästä. Tavoitetason asettamiseen vaikuttaa myös rakennusmääräykset, kaavalliset rajoitukset tai rakennussuojelu ja

korjaukselle asetettu kokonaisbudjetti. Korjauksen tavoitetason asettamiseksi voidaan tutkia rakennuksen ominaisuuksia ja asettaa niille erilaisia vaatimuksia. Korkea tavoitetaso verrattuna lähtötasoon tarkoittaa vaativampaa korjausta. [1]

### 3.2 Kuntoarvion vaiheet

Kuntoarvio on arvio ammattilaisen, yleensä arkkitehdin tai kuntoarvioihin ja korjausrakentamiseen erikoistuneen henkilön tekemästä katselmuksesta. Työterveyslaitoksen Tilaaajan ohje sisäilmasto-ongelman selvittämiseen [17] suosittelee kuntoarvion tekijöiksi työryhmää, joka koostuu rakennustekniikan, rakennusfysiikan, LVI- ja sähkötekniikan, sisäilmaston ja terveydenalan asiantuntijasta. Tilaaaja voi teettää kuntoarvion joko omalla organisaatiolla tai ulkopuolisella konsultilla. Ulkopuolinen konsultti on usein kalliimpi raportoiden kohteen yleensä tarkemmin. Kuntoarvio perustuu aistinvaraisiin havaintoihin kartoittamalla vaurioita näkyvissä olevista pinnoista. Kuntoarvioinnissa ei ole tarkoitus rikkoo ja avata rakenteita. Materiaalien turmeltuminen rakenteen sisällä voidaan tarkistaa teettämällä kuntoarvion perusteella kuntotutkimus. Rakenteita avaamalla saatetaan päästää sisäilmaan orgaanisia yhdisteitä (VOC, MVOC), asbestia tai muuta ihmiselle haitallista materiaalia, jolloin rakennetarkastuksissa täytyy noudattaa niille asetettuja ohjeita. Kuntoarvion perusteella teetetty kuntotutkimus kohdistuu oikeisiin paikkoihin ja näin vältetään turhilta rakenteiden avauksilta. Kuntoarvion tekemiseksi tarvitaan ennakosuunnittelu, jossa kerätään rakennuksesta kaikki mahdollinen pohjatieto arvioinnin tueksi. Jos rakennuksesta löytyy pohjapiirustuksia, niistä voidaan ennakoida mahdollisia riskejä rakenteissa, jotka voidaan tarkastaa kiinteistötarkistuksen yhteydessä. Ammattitaitoinen kuntoarvioija tietää rakennuksen rakennusvuoden ja alueen perusteella jo paljon rakennuksesta mahdollisesti löytyvistä vioista. Liitteessä 1 on listattuna lista lähtötiedoista, joita kuntoarvion tilaaaja ilmoittaa tarjouspyynnössä. [4] [16]

Markku Lappalainen suosittelee kirjassaan Kerrostalon peruskorjaus 2011 [15, s.12] kuntoarvion tekemistä rakennukseen noin viiden vuoden välein. Ensimmäinen kuntoarvio tulisi tehdä noin kymmenen vuotta rakennuksen valmistumisesta. Lappalaisen mukaan kuntoarvio kannattaa aloittaa asukas- ja käyttäjäkyselyillä, joista nopeasti selviää useiden ihmisten huomioimia ongelmia rakennuksessa. Kyselyissä voidaan selvittää tilojen vetoisuutta, lämpötilaa, ilmanvaihdon ongelmia ja yleistä asumis- tai käyttötyytyväisyyttä. Lisäksi kyselyiden avulla käyttäjä voi antaa oman palautteensa rakennuksen käytöstä ja niiden yhteydessä voidaan ilmoittaa suunnitella olevista hankkeista. Kyselyiden avulla saadaan lähtötietoa kuntoarvion tekemiseen, koska käyttäjät havaitsevat rakennuksen toimintahäiriöitä jokapäiväisessä käytössä paremmin kuin arvioija lyhyen arviokierroksen aikana. Kaikkia mahdolli-

sia vikoja ei havaita yhdellä käynnillä, koska ne ilmenevät vain tiettyyn vuodenaikaan.

### 3.3 Kuntoarvion laajuus

Kuntoarvion tekemisestä löytyy ohjeet tilaajalle rakennustiedon ohjekortista RT-18-11130 Asuinkiinteistön kuntoarvio; Tilaajan ohje. Ohjekorteista löytyy myös kortti kuntoarvion tekijöille RT-18-11131 Asuinkiinteistön kuntoarvio: kuntoarvioijan ohje. Kuntoarvion sisältö ja laajuus määräytyvät ohjekorteissa, ellei niitä ole erikseen kuntoarviosopimuksessa sovittu. Kuntoarvioon voidaan esimerkiksi liittää erikseen sovittuna kiinteistön tilojen toiminnallisuuden, viihtyisyyden tai muutostarpeen selvitys. Kuntoarvioon liitettävässä erillisselvityksestä on täsmällisesti määriteltävä tarkasteltavat tilat, selvitettävät asiat, tarkastusmenetelmät ja raportointi. Kuntoarvioraportin sisältö kattaa rakennuksen piha- ja maa-alueet, rakenteet, LVI-järjestelmät, sähkö-, tele- ja tietotekniikan, energiatalouden ja sisäolosuhteet. Hissit tarkistetaan pintapuolisesti. Hissien tarkka tarkastus tapahtuu erillisenä kuntoarviona hissivalmistajan määrittelemän ammattilaisen tekemänä. Hissit suositellaan tarkastettavaksi viimeistään 20 vuoden päästä asennuksesta. Muita mahdollisia erityistarkasteluja pystyvät tekemään palo-, väestönsuoja- tai terveystarkastaja. Myös energiatalouden yksityiskohtainen säästöpotentiaali voidaan selvittää energiakatselmuksella. Kiinteistötarkastus suoritetaan tilaajan ja arvioijan yhdessä suunnitteleman suunnitelman pohjalta.

Erja Reinikaisen ja Seppo Salmikiven kirjan Liike- ja palvelurakennusten kuntoarvio [16] mukaan tarkastuksen pääpaino on vikojen, puutteiden ja vaurioiden havainnoinnissa. Tarkastuksessa rakennuksen tiloista käydään läpi noin 10-20 % tyypillisistä tiloista. Tilat valitaan tarkistettavan rakennuksen eri kerroksista ja eri julkisivuilta, jotta pistokokeissa saataisiin mahdollisimman kattavasti kartoitettua vikoja. Kaikki rakennuksen erityistilat, kuten kylmähuoneet, tekniset tilat tai allasalueet tarkastetaan kokonaan. Kuntoarvioon pyritään huomioimaan energiatalous ja sisäilmasto-olosuhteet tarkastuksen kaikissa vaiheissa. Tarkastuksella pyritään löytämään virheellisesti toimivia tai väärin säädettyjä laitteita, turhaa energian kulutusta ja etsitään merkkejä lämpövuodoista rakenteen läpi.

### 3.4 Kuntoarvioraportti

Kuntoarvioraporttia käytetään pohjana kunnossapitosuunnitelman ja korjausohjelman laadinnassa. Raporttiin sisältyy pitkän tähtäimen suunnitelman -ehdotus, jossa esitetään korjaus- ja kunnossapitotoimenpiteet ja niiden karkeat kustannusarviot. Kuntoarvioissa tuodaan myös esille korjaustarpeiden tärkeysjärjestys. Turval-

lisuuteen ja terveyteen vaikuttavat korjausta vaativat asiat tulevat etusijalle. Rakennusosien tai lisävaurioita aiheuttavien vaurioiden korjaaminen on tärkeysjärjestyksessä seuraavana. Kuntoarvioon selvitetään kiireelliset korjausta vaativat viat, rakennusosien ja järjestelmien korjaustarpeet lyhyellä aikavälillä ja laajat uusimiset ja parannustarpeet. Energiankulutusta rakennuksessa tarkastellaan raportissa yhtenä kokonaisuutena. Energiataloutta kuuluu tutkia yhdessä rakennus-, LVI- ja sähkötekniikan arviointien kanssa. Rakennuksen energiataloutta kuntoarvioon voidaan parhaiten selvittää luovutettujen asiakirjojen perusteella tutkimalla vuotuisia kuluksia. On kuitenkin muistettava, että yhden talon energiataloudesta ei voida tehdä tarkkoja johtopäätöksiä vertaamalla ominaiskulutuksia tilastollisiin keskiarvoihin. Kuntotutkimuksia voidaan tehdä korjaushankkeen hankesuunnitteluvaiheessa, jolloin saadaan tietoa vaurion laajuudesta ja korjaustarpeesta. Valmistuttuaan kuntoarvioraportit toimivat pohjana seuraavalle kuntoarviolle, joka esitetään raportin PTS-ehdotuksessa. Raportit laaditaan tiivistetyssä muodossa kattaviksi ja helppolukuisiksi siten, että raportteja pystytään käyttämään jatkossa seuraavan suunnittelijan toimesta. [16][24]

Auli Pirisen ja Markku Salmisen Asuinkerrostalon kuntoarvion perusmalli -kirjaan [14] on kerätty ohjeet ja esimerkit kuntoarvion suorittamisesta. Kirjan mukaan tekstiosaan tulee kirjata tarkastuskohteiden kunto ja mahdollinen korjaustarve tai korjausmenetelmä. Lisäksi voidaan suositella mahdollisia kuntotutkimustoimenpiteitä, joilla osan kuntoa voidaan tarkentaa. Jokaiseen korjaukseen voidaan myös yhdistää ehdotus siitä, kuinka rakennetta tai laitteen toimintaa voitaisiin muuttaa parantaen tilan käyttömukavuutta ja säästää käyttökustannuksissa.

Kuntoarvion tekemiseen liittyy aina riski laaditun raportin todenmukaisuudesta ja uskottavuudesta. Tämän vuoksi suositellaan useasta ammattilaisesta koostuvaa kuntoarvioryhmää, jotta raportin tulokset ja johtopäätökset antavat oikean kuvan rakennuksessa olevista ongelmista. Rakenteen toimintaa arvioiva ammattilainen pysyy sanomaan millaisia haittoja viallisesta rakenteesta syntyy, muttei välttämättä osaa sanoa, millaisia haittoja nämä aiheuttavat ihmiselle. Kuntoarvioissa asetetaan yleensä oletuksia näkymättömissä oleville rakenteille. Kaikki nämä oletukset ja niihin nojautuvat selvitykset on kirjattava raporttiin ja lisäksi on perusteltava syy niiden käyttöön. Kuntotutkimuksen teettäminen rakenteesta on ainoa tapa saada varmuus rakenteen sisästä. Kuntoarvioraportin lisäksi tehdään PTS-ehdotus, johon listataan kaikki ehdotetut korjaukset, niiden suorittamisvuodet ja korjausten kiireellisyys. [24]

## 4. ENERGIAKATSELMUKSET

Energiakatselmuksset ovat kokonaisvaltaisia energiankäytön ja energiansäästömahdollisuuksien kartoituksia. Katselmuksissa tutkitaan rakennuksen käyttö- ja kulutustietoja ja käydään rakennus läpi selvittäen turhaa energiankulutusta ja määritetään kannattavimmat energiansäästötoimenpiteet. Lisäksi katselmuksessa selvitetään mahdollisuus uusiutuvien energiamuotojen käyttämiseen. Katselmuksen lopputuloksena annetaan lausunto energiansäästötoimenpiteistä ja niiden toteuttamisesta taloudellisesti. Raportista selviää myös ehdotettujen toimenpiteiden vaikutus CO<sub>2</sub>-päästöihin. Katselmuksen tekemisestä ja katselmuksen rahoittamisesta on annettu yleisohje, joka on nähtävissä Motiva Oy:n verkkosivuilla [35].

Katselmuksen suorittaa kaksi Työ- ja elinkeinoministeriön (TEM) ja Motivan hyväksyttämää henkilöä. Energiakatselmustoiminnan yleisohjeissa [35] mainittuja poikkeuksia lukuun ottamatta LVI- ja sähkötekniikan vastuuhenkilöt on oltava erilliset. Vastuuhenkilöiden kanssa sitova sopimus tehdään vasta, kun tukihakemus on jätetty ELY-keskukseen. TEM tukee ohjeiden mukaan toteutettujen energiakatselmusten toteuttamista. Kuvassa 4.1 on katselmushankkeen vaiheet ja tehtävät. Katselmus



**Kuva 4.1:** Energiakatselmushankkeen vaiheet ja tehtävät. Kuva: Energiakatselmustoiminnan yleisohjeet [35]

etenee hakemuksen jättämisen jälkeen aloituspalaveriin, jossa sovitaan aikataulusta, yksityiskohdista ja painotuksista. Lähtötietojen kokoamisen jälkeen katselmoijat analysoivat saamansa tiedon saaden yleiskuvan kohteesta ja energiataloudesta.

Kenttätöissä tehdään haastatteluja ja mittauksia, jotka yhdessä lähtötietoaineiston avulla analysoidaan ja niistä haetaan mahdollisia energiansäästötoimenpiteitä. Saatut tulokset raportoidaan Motivan antamien ohjeiden mukaisesti. Katselmoijat käyvät läpi käyttöhenkilökunnan kanssa ne käyttötekniset seikat ja käyttötottumukset, joissa on havaittu säästömahdollisuuksia tai puutteita. Katselmoijilla on myötävaikutusvelvoite, jotta raportissa annetut toimenpide-ehdotukset tulevat toteutettua ja antaa tilaajalle tietoa energiansäästömahdollisuuksista kaikissa katselmuksen vaiheissa. [35]

## 5. PITKÄN TÄHTÄIMEN KUNNOSSAPITOSUUNNITELMA, PTS

Rakennuksen pitkän tähtäimen (kunnossapito)suunnitelmalla (PTS) pyritään ennakoidaan rakennuksen korjaustarvetta. Tarkoituksena on estää yllätykset kiinteistön pidossa ja talouden hoitamisessa. Kiinteistön omistajille tai asiakkaalle tulevista töistä voidaan tiedottaa etukäteen ja korjaukseen voidaan varautua taloudellisesti ajoissa. PTS:n tarkoituksena pitää asianosaiset tietoisina rakennuksen kunnosta ja tulevaisuudesta niin, etteivät korjaukset tule yllätyksenä eivätkä vahingot pääse ylättämään.

Kiinteistökohtainen kunnossapitosuunnitelma on korjausrakentamisen tarve- ja hankesuunnitteluasiakirja, jossa määritellään kiinteistön korjaustarpeet tavallisesti 1-10 vuoden ajan jaksolle. Taustalle voidaan luoda toinen PTS-ohjelma, joka kattaa rakennuksen elinkaaren 100 vuoden jaksolta. Hyvin toteutetun kunnossapitosuunnitelman tai PTS-ohjelman avulla saadaan tieto rakennuksen kunnosta, tulevasta korjaustarpeesta, korjauksien ajankohdasta ja kustannuksista. Ja sen perusteella voidaan tehdä päätöksiä korjaustarpeesta. PTS-ohjelman tarkoituksena on taata rakennuksen kunnossapitäminen ja järjestää tulevat korjaukset niin, ettei erillisiä hankkeita toteuteta päällekkäin ja jakamaan korjauksista syntyvät kulut niin, etteivät ne kasva hetkellisesti liian suuriksi. PTS-ohjelmaa ei ole suotavaa tehdä uudelle rakennukselle, koska ensimmäisen kymmenen vuoden rakennuksen rakennusosien ja tarvikkeiden oletetaan pysyvän käyttökelpoisina. Kunnossapitosuunnitelman avulla voidaan ennakoida tulevia korjauksia ja valmistella niistä korjausohjelma. Rakennuksen tekniset korjaustarpeet selvitetään kuntoarvioiden, energiakatselmusten ja kuntotutkimusten avulla. Kuntoarvioilla ei saada tarpeeksi laajaa näkökulmaa rakenteen korjaamiseksi, vaan lisäksi tulee huomioida korjauksen toiminnallinen ja taloudellinen näkökohta. PTS:n tulee siis yhdistää useita näkemyksiä rakennuksen kohtalosta, jotta sen avulla voidaan nähdä rakennuksen korjaustarpeet laajemmassa kaavassa. PTS-ohjelmaan voidaan kirjata myös omistajien haluamia muutostöitä sekä kerätä yksittäisistä korjauksista paketti, joka voidaan toteuttaa yhdessä korjauksessa kerralla. [24, s. 78-88]

Kymmenen vuoden PTS-ohjelman perustiedoiksi tarvitaan tietoa rakennuksen kun-

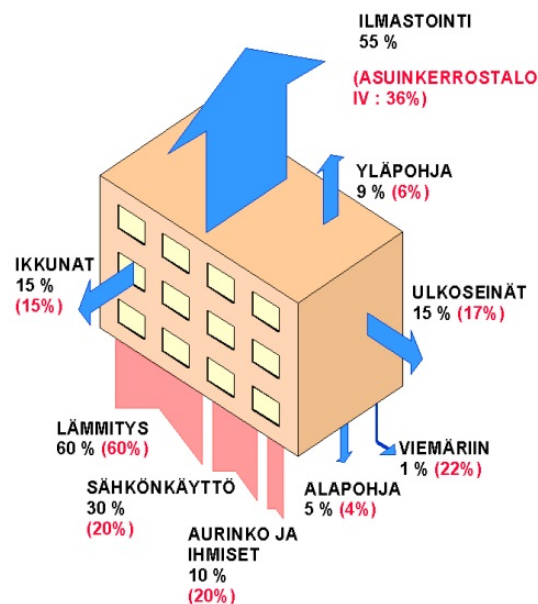


nosta, kulutuksesta, sisäilmastosta ja käyttäjien hyvinvoinnista. Rakennuksen kunto ja mahdolliset viat tai riskit saadaan selville teettämällä kuntoarvioita, joissa määrätään tarkempia kuntotutkimuksia. Energiakatselmuksilla ja enegiankulutusten vertailulla voidaan tutkia rakennuksen energiataloutta ja selvittää kohtia, joissa on parantamisen varaa. Energiakatselmuksella voidaan osoittaa energiansäästötoimenpiteitä, joilla ongelmat paikataan. Kiinteistönhoidon kustannusseurantatiedoista saadaan myös vertailutietoa ja kulutuspoikkeamia, jotka on tarkistettava. PTS:n pohjana toimivat rakenneosien käyttöiät, jotka kertovat milloin kukin rakenneosa on syytä korjata tai tarkastaa. Rakennusmateriaalien ja laitteiden todellista käyttöikää on todella vaikea ennustaa, mutta rakennusosista tulisi valmistusvaiheessa selvittää sen hetkinen paras käyttöikä. Joidenkin taloteknisten laitteiden uusiminen on kannattavaa jo ennen, kuin niiden käyttöikä tulee täyteen. Uusien laitteiden energiatehokkuus paranee joka vuosi, jolloin uuteen vaihtaminen tuo säästöjä ennen kuin vanhan käyttöikä loppuu. Mutta usein uuteen järjestelmään siirtyminen kuluttaa enemmän sähköä tai ylläpitokustannukset kasvavat monimutkaisimpien järjestelmien myötä. Liitteestä 5 löytyy eri rakenneosien käyttöiät ja kunnossapitajakset. Rakenneosan käyttöiän tunteminen auttaa tarkkailemaan kyseistä rakenneosaa, kun se on saavuttamassa käyttöiän tai kunnossapitajakson lopun. Tällöin vältetään mahdollisilta suuremmilta vaurioilta, kun rakenne kunnostetaan ennen sen vaurioitumista kokonaan. Käyttöiän seuraamisen lisäksi kiinteistöä käyttävän henkilökunnan ja kiinteistönhoidon palaute rakenteiden kunnosta ja korjaustarpeesta on tärkeää lähdetietoa.[24]

Palautteen jatkuva kerääminen käyttäjiltä ja asiakkailta auttaa pysymään ajan tasalla rakennuksen ongelmissa. Palautteen perusteella rakennukseen voidaan suunnitella käyttötarkoituksen muutosta, joka on hyvä lisätä myös PTS:aan. Tarpeiden ja käyttötarkoitusten muutoksista on hyvä kerätä tietoa jo ajoissa. PTS-ohjelmaan on hyvä ottaa huomioon vuokratiloissa vuokrasuhteen kesto ja päättymisen. Mittavat korjaukset voivat aiheuttaa muutoksia vuokraan, jolloin kannattaa varmistua, ettei muutostöitä tehdä vuokralaiselle, joka on mahdollisesti poistumassa tiloista. Pitkän tähtäimen kunnossapitosuunnitelmaa täytyy päivittää jatkuvasti. Lisäämällä siihen kuntoarvioissa, kiinteistön tarkastuksista ja huoltotöiden yhteydessä ilmille vikoja, jotta ne voidaan korjata ajoissa.[24]

## 6. ENERGIAANSÄÄSTÖTOIMENPITEIDEN KANNATTAVUUS KORJAUSHANKKEEN YHTEYDESSÄ

Rakennuksen energiatalous koostuu rakennukseen tuotetusta lämmöstä sekä rakennuksesta poistuvasta lämmöstä. Kun rakennuksesta poistuvaa lämpöä saadaan vähennettyä, vähenee myös lämmön tuotannon tarve. Kuvassa 6.1 näkee kuinka liike- ja asuinrakennuksen lämmitysenergia muodostuu ja kuinka energia poistuu rakennuksesta käytön aikana. Suurin vaikutus energiankulutukseen saadaan korjaamalla



**Kuva 6.1:** Tyypillisen liikerakennuksen ja asuinkerrostalon lämmitysenergian jakaumat. Asuinkerrostalon lukemat merkitty sulkuarvina.[30]

ulkoseiniä ja ikkunoita sekä säätämällä tai korjaamalla rakennuksen ilmanvaihtoa ja vähentämällä lämpimän käyttöveden kulutusta rakennuksessa. Juhani Heljon ja Jaakko Viholan raportissa Energiansäästömahdollisuudet rakennuskannan korjaustoiminnassa on päätynyt siihen tulokseen, että energiansäästötoimenpiteet kannattaa toteuttaa vasta siinä vaiheessa, kun rakennuksen rakennusosien uusiminen tulee kyseeseen. Rakennusosan korjaaminen pelkästään energiansäästösyistä ei ole kannattavaa, koska tällöin energiasäästön kustannukseksi pitää laskea suurin osa koko

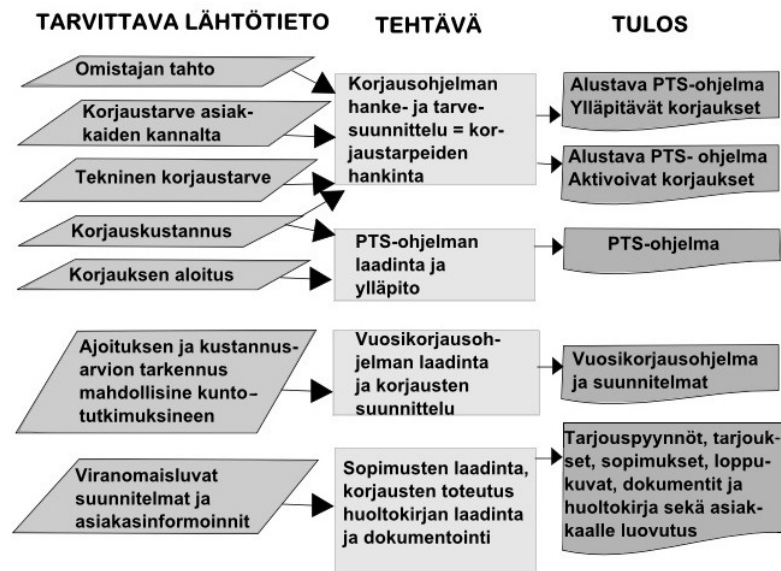
korjauksen kustannuksista. Jos energiansäästötoimenpiteet yhdistetään muiden korjausten kanssa, energiakorjauksista tulee lisäkustannuksia vain noin 5-15 %. [8]

Rakennusten korjausten yhteydessä tehtäviin energiatehokkuuden parannuksiin on annettu ympäristöministeriön asetus 4/13, joka tuli voimaan kaikkien rakennusten osalta 1.9.2013. Energiatehokkuuden parantamiseen annetaan asetuksessa kolme vaihtoehtoa, joista kiinteistön omistaja voi valita sopivimman. Korjauksen voi hoitaa rakennusosittain, jolloin uusitun rakenneosan lämmönläpäisykerroin eli U-arvo tulee olla vähintään puolet alkuperäisen rakenteen U-arvosta. Rakenteesta voidaan kuitenkin tehdä tämänhetkiset vaatimukset täyttävä. Vaihtoehto on käyttökelpoinen silloin, kun korjataan muutamia yksittäisiä rakennusosia. Toinen tapa on pienentää rakennuksen standardikäyttöön perustuvaa energiankulutusta vaaditulle tasolle. Kulutus lasketaan rakennuksen vuosittaisesta energiankulutuksesta normaalikäytössä suhteessa rakennuksen pinta-alaan. Oppilaitosrakennuksille energian kulutus tulee olla korkeintaan 150 kWh/m<sup>2</sup>. Vaihtoehto on käyttökelpoinen rakennuksen perusparannuksen yhteydessä tai suunniteltaessa useampia korjauksia pidemmällä aikavälillä. Kolmas tapa on laskea rakennukselle E-luku, jonka täytyy korjauksen jälkeen täyttää vaadittu taso. Vaihtoehto tulee kannattavimmaksi suunniteltaessa energiamuodon vaihtamista uusiutuvaan energiantuotantoon. [41]

Jokaiselle laskentatavalle on määritelty omat vaatimuksensa rakennustyyppin mukaan. Lupahakemuksessa täytyy osoittaa, kuinka vaadittuun energian säästöön korjaustoimilla päästään. Korjaus vaaditaan toteutettavaksi vain korjaus- tai muutostyön luvanvaraiseen osaan. Kaikkia korjaustoimia ei tarvitse toteuttaa kerralla, vaan suunnitelma voidaan toteuttaa vaiheittain useamman korjauksen yhteydessä. Energiakorjauksiin on pyritty saamaan joustoa ja vapautta valita miten energiakorjauksien tuloksia tarkastellaan. Laatutasoa nostamalla syödään energiansäästötoimilla saavutettuja säästöjä. Esimerkiksi vanhojen rakennusten ilmanvaihto on usein liian vähäinen, siksi ilmanvaihdon parantaminen korjauksen yhteydessä kuluttaa enemmän sähköä kuin aikaisempi laitteisto, jolloin sähkönkulutus kasvaa. Parannusta saataisiin aikaan ilmanvaihdon poistoilman lämmön talteenotolla, jolloin poistoilman mukana hukkaan menevä lämpö vähenee. Puhdistetulla ilmanvaihtojärjestelmällä saadaan aikaiseksi myös parempi sisäilma tiloihin. [41]

## 7. KORJAUSRAKENNUSHANKKEEN KULKU

Rakennuksen korjaushankkeen lähtökohtana on omistajan halu muuttaa tai korjata rakennusta paremmaksi. Ennen korjaushankkeeseen ryhtymistä omistajalla tai asiakkaalla on usein selvitettyä suurempi osakokonaisuus, jota halutaan muuttaa tai korjata. Tällaisten kokonaisuuksien kerääminen yhteen onnistuu usein tekemällä korjausohjelma ja tarveselvitys tulevasta hankkeesta, jolloin voidaan päättää muutosten tarpeellisuus sekä korjauksen ajankohta.



**Kuva 7.1:** Korjausrakentamisen prosessikuvaus. Toimenpiteiden riippuvuudet ja vastuut. Kuva: [24, s. 31]

Korjaushankkeen prosessikuvauksesta 7.1 selviää, mitä lähtötietoja eri tehtävät ennen korjaushanketta tarvitsevat. Kaaviosta selviää, kuinka tärkeää rakennusten kunnon tarkkailu on. Tällöin rakennus voidaan korjata ennen kuin käyttäjät alkavat oireilla mahdollisista puutteista ja näin voidaan välttyä turhilta kustannuksilta. Korjaushanketta voidaan suunnitella myös ennakkoon, jolloin sen toteuttamisen yhteydessä tulee vähemmän yllätyksiä.

## 7.1 Korjausohjelma

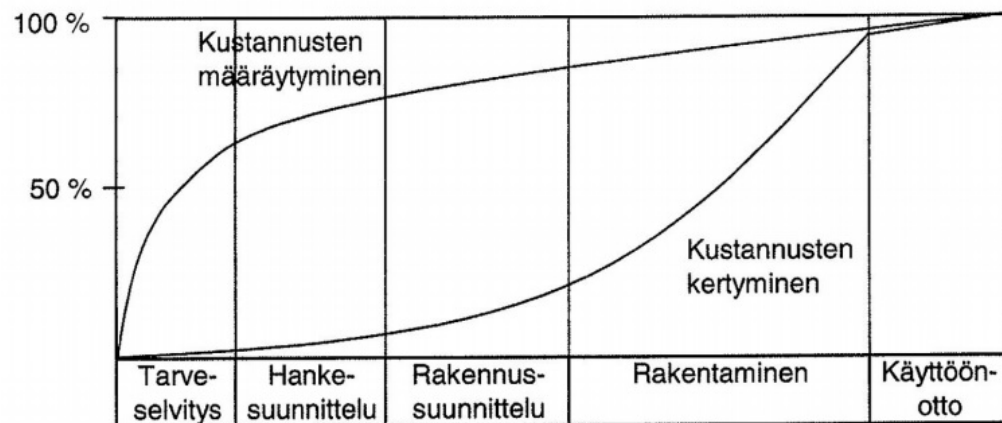
Korjausohjelma on tarkempi suunnitelma tulevasta korjauksesta kuin kunnossapitosuunnitelma tai PTS, joita käytetään korjausohjelman pohjatietoina. Korjausohjelma on yleensä vuosittain päivitettävä ja sillä ohjataan rakennuksen kunnossapitoa kyseisellä ajanjaksolla. Korjausohjelma ottaa huomioon taloudelliset ja tekniset näkökulmat, joilla pyritään täyttämään kiinteistönomistajien ja käyttäjien tarpeet. Korjausohjelmaan kerätään suoritettavia korjauksia, jotka voidaan hyväksyttää kiinteistönomistajalla tai yhtiökokouksissa. Korjaustöiden aiheuttamista väliaikaisista järjestelyistä ja käyttökatkoksista täytyy ilmoittaa käyttäjälle ajoissa, jolloin he osaavat varautua tulevaan.

Rakennuksen toimintaa ylläpidetään määräaikaishuolloilla, kunnossapitokorjauksilla ja rakenneosien uusimisella. Osa töistä katetaan suoraan vuosittaisista kuluista, mutta suurempia korjauksia varten on hyvä varautua ja suunnitella korjauskustannusten maksaminen huolellisesti. Pitkän tähtäimen kunnossapitosuunnitelmilla pyritään estämään suurten kustannusten kerääntyminen yhdellä kerralla liian suureksi. Samoin korjausohjelman laadinnassa kannattaa pyrkiä keräämään yhteen korjaukseen sopivan laaja osa-alue korjauksista, jotteivät korjauksen kustannukset kasva liian suuriksi.

## 7.2 Tarveselvitys

Tarvesuunnitelman tuloksena tehdään päätös rakennuksen rakentamisesta ja siirtymisestä hankesuunnitteluvaiheeseen tai hylätään rakennushanke tarveselvityksessä ilmenneillä syillä. Rakennuksen hyväksyminen tarkoittaa myös tuotantovaiheen aloittamista, jonka tuloksena on tarveselvityksessä vaadittujen asioiden mukainen rakennus.

Tarvesuunnittelun aikana valitaan jo monia asioita projektin kannalta ja päätökset ulottuvat jopa 10-100 vuoden päähän. Rakennusta ei voida käyttää sen paremmin tai taloudellisemmin kuin se on suunniteltu ja rakennettu. Tärkeitä asioita, jotka vaikuttavat rakennuksen toimintaan, muunneltavuuteen, sisäilmastoon ja energiatalouteen valitaan hyvin aikaisessa vaiheessa. Tarveselvityksen tärkeyttä on syytä korostaa. Tarveselvityksen aikana pyritään ottamaan huomioon kaikki mahdolliset käyttäjän tarpeet, jotka voivat esiintyä seuraavan 10-20 vuoden aikana. Tarveselvityksen aikana karsitaan myös käyttäjän tai tilaajan tarvelistalta pois niitä asioita, joita voidaan hankkia muualta tai joiden käyttöaste jää kuitenkin haluttua pienemmäksi. Näiden asioiden selvittämiseksi on tilaajalta tai käyttäjältä saatava mahdollisimman paljon käyttökelpoista tietoa.

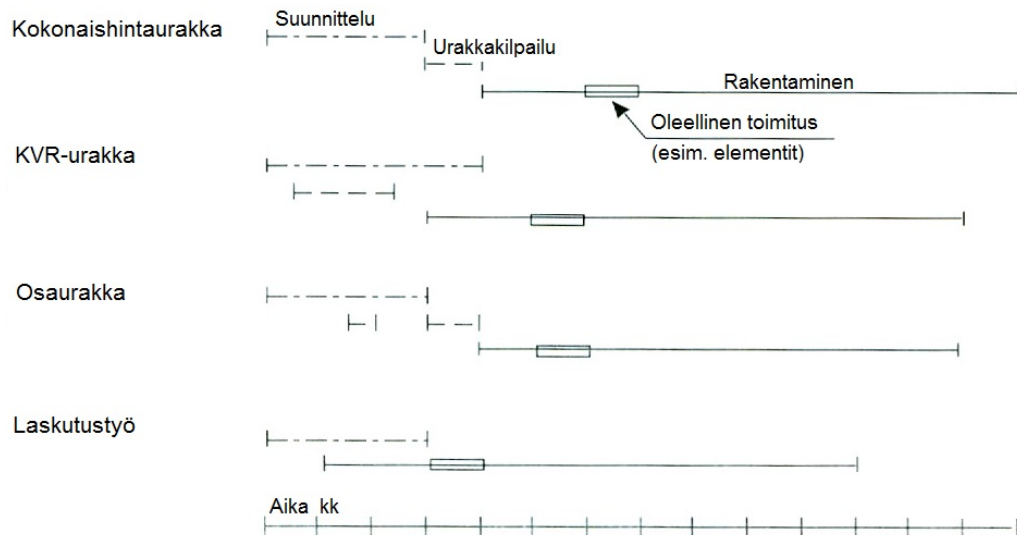


**Kuva 7.2:** Kustannusten määräytyminen ja kertyminen [34]

Vaihtoehtojen pohjalle täytyy tilaajalta saada pitkän tähtäimen suunnitelmat, tilantarve, tilojen mahdolliset vuokralaiset ja alivuokralaiset sekä ennakoida mahdollisimman hyvin korjausvälin aikana tapahtuvat muutokset. Kuvasta 7.2 nähdään kuinka kustannukset määräytyvät rakennus- ja korjausprojekteissa jo tarvesuunnitteluvaiheessa. Tarvesuunnitelmaan on suositeltavaa käyttää puolesta vuodesta vuoteen. Hyvin toteutettu tarvesuunnitelma palvelee rakennus- ja korjaushankkeessa paremmin. Mitä myöhemmin kohteeseen tehdään tärkeitä päätöksiä, sitä enemmän itse rakennusprojektia viivytetään. Yksi mahdollisuus on suunnitella päätökset tehtäväksi vasta myöhemmässä vaiheessa, jolloin suunnitelmiin täytyy jättää liikkumisvaraa päätöksen tueksi. Kaikkia päätöksiä ei voida siirtää myöhemmäksi, koska päätösten vaikutukset limittyvät usein toisten päätösten kanssa, ja sulkevat toisia vaihtoehtoja pois. Jos tarvesuunnittelu jää puutteelliseksi, tulee lopputuloksestakin usein puutteellinen eikä se miellytä loppukäyttäjää.

### 7.3 Hankesuunnittelu

Hankesuunnitteluvaiheessa tilaajan tarpeita muutetaan tiloiksi ja niiden välisiksi yhteyksiksi, tilojen varusteiksi ja toiminnoiksi. Nämä lopulta määrittävät rakennuksen ulkomuotoa ja muita ominaisuuksia. Kuvan 7.2 ymmärtäminen jo ennen hankesuunnitteluvaiheeseen ryhtymistä on hyvin tärkeää. Hankeen tässä vaiheessa on tärkeää suunnitella tulevaa mahdollisimman paljon ja kerätä projektin toteutukseen tarvittavaa tietoa. Päätösten tekeminen ja niiden muuttaminen pitää tehdä pääosin tässä suunnitteluvaiheessa, jotta välttyttäisiin ongelmilta. Rakennuksen tilojen liittyminen toisiinsa ja tilojen muunneltavuus on otettava huomioon tässä vaiheessa.



**Kuva 7.3:** Eri urakamuotojen välinen aikatauluvertailu [36]

Urakamuodon valinnalla voidaan vaikuttaa hankkeen läpivientiin. Eri vaihtoehtojen miettiminen onkin usein tarpeellista. Saman urakamuodon käyttäminen korjaus- tai uudisrakentamiskohteessa vaikuttaa työn lopputulokseen ja aikatauluun. Esimerkiksi KVR eli kokonaisvastuurakentamis- tai projektinjohtourakoissa suunnittelua pystytään venyttämään rakennusvaiheeseen, kun taas perinteisemmillä kokonais- tai osaurakalla toteutettuna projektin suunnitelmat on oltava valmiina ennen rakennustyön aloittamista. Urakamuodon valintaan vaikuttaa myös tilaajan tai rakennuttajan oma kokemus ja halu toimia rakennusprojektissa suuremmassa roolissa. Jos rakennuttajalta löytyy itseltään aikaisempaa kokemusta ja suhteita rakennusliikkeisiin ja toimittajiin, kannattaa se huomioida urakamuodon valinnassa. Urakamuotojen välistä vertailua esitetään kuvassa 7.3.

## 8. KOULURAKENNUKSEN KORJAUKSESSA HUOMIOITAVAA

### 8.1 Opetustilojen toiminnallisuus

Marko Kuuskorven Tulevaisuuden fyysinen oppimisympäristö väitöskirjassa todetaan, että "opetustilojen muuttumattomuudesta on muodostunut toimintakulttuurin uudistumista hidastava tekijä." [20, s.3] Koulun opetustilojen täytyisi olla nyt ja tulevaisuudessa enemmän käyttäjälähtöisiä, oppimista tukevia ja yhteisöllisiä toimintaympäristöjä. Kouluympäristö sidostuu Kuuskorven mukaan yhä enemmän sidostoihimijoihin, kuten terveys-, sosiaali-, kulttuuri-, liikunta- ja nuorisopalveluihin sekä työelämään. Samalla työympäristö antaa mahdollisuuden osallistua asteittain laajeneviin ja monimutkaistuviin toimintakäytäntöihin. Tulevaisuudessa koulun tulisi olla tilallinen jatkumo siirryttäessä perusopetuksesta kohti työ- ja arkielämää. Väitöskirjan tulosten mukaan opetustilan tarkoituksenmukaisuus perustuu toiminnallisuuteen, sosiaalisuuteen ja monimuotoisuuteen. [20]

### 8.2 Opetustilojen akustiikka

Oppilaitoksissa tilojen akustiset ominaisuuden nousevat erityisesti esille. Opettajan äänen käytöstä opetustyössä on Irma Ilomäen väitöskirja Opettajien ääneen liittyvä työhyvinvointi ja äänikoulutuksen vaikutukset [6]. Väitöskirjassa on tutkittu opettajan ääneen liittyvää työhyvinvointia, mutta työstä käy myös ilmi kuinka opetustilan huoneakustiikalla on suuri merkitys työhyvinvointiin ja opetukseen. Opetustilan tulee mahdollistaa äänen tuotto vaivattomasti, jolloin opettajan ääni ei rasitu liikaa. Myös oppimisen kannalta opetustilan oikea huoneakustiikka on tärkeää. Ilomäen tutkimuksessa opettajat ovat arvioineet haitallisimmiksi työympäristötekijöiksi puutteellisen ilmanlaadun, taustamelun ja kiireen. Taustameluun voidaan myös vaikuttaa oikeilla akustisilla valinnoilla rakennuksen tiloja korjattaessa. Oppilaiden osalta huoneakustiikassa on tärkeää riittävä puheen eroteltavuus ja työrauha, joita voidaan parantaa lyhentämällä tilan jälkikaiunta-aikaa, parantamalla oikeita äänen heijastuksia ja vähentämällä taustamelua. Äänen selkeyteen ja ymmärrettävyyteen vaikuttaa tilan lyhyt jälkikaiunta-aika sekä oikeanlaiset heijastukset. Näihin voidaan vaikuttaa oikeilla materiaaleilla, jotka joko absorboivat huonoja tai vahvistavat hyviä heijastuksia, jolloin ääni kuuluu selkeänä kauemmaksi.[6] [7]



Ääneneristys on tärkeätä myös toimistotiloissa, joissa edellä mainittujen asioiden lisäksi, keskustellaan luottamuksellisista asioista. Tämän vuoksi puheääni ei saa kulkeutua ymmärrettävästi tiloista viereisiin tiloihin. Lisäksi erikoistilossa, kuten auditorioissa täytyy tilan akustisia ominaisuuksia tarkastella tarkemmin. Tilat voidaan suunnitella niin, ettei puhujan tarvitse korottaa ääntään kuuluakseen takariviin. Puhujan ääntä voidaan vahvistaa tilan muotoilulla tai käyttämällä audiolaitteita äänenvahvistamiseen. [7]

## 9. RAKENTEIDEN JA MATERIAALIEN VAURIOT

### 9.1 Rakenteiden kosteus- ja mikrobivauriot

Rakenteeseen syntyy kosteus- ja mikrobivaurioita, kun rakenteen tuleva kosteusvirta on suurempi kuin rakenteesta poistuva kosteusvirta. Rakenteen kyky sitoa kosteutta ja kestää kosteusvaurioita riippuu rakennusmateriaalista. Kosteusvaurioita lisää rakenteen lämpötila, kosteuspitoisuus, aika ja kosteuskapasiteetti. Kosteusvaurioituneeseen materiaaliin voi syntyä ajan myötä mikrobivaurioita. Kosteus- ja mikrobivauriot aiheuttavat rakenteessa kemiallisia ja fysikaalisia vaurioita, kuten emissioita tai muodonmuutoksia. Kosteusvaurioiden syntymiseen vaikuttaa suunnittelussa, rakentamisessa tai korjaamisessa tehdyt virheet, kuten riskialttiit materiaalit, puutteet ja laiminlyönnit rakentamisaikana, vanhentuneet materiaalit, puutteellinen huolto ja kunnossapito sekä käytöstä aiheutuvat vauriot. Esimerkiksi ilmankostuttimien ja -jäähdyttimien seisova vesi toimii kasvualustana homeelle, jotka laite levittää tehokkaasti huoneilmaan. Valitettavan usein kosteus- ja mikrobivauriot huomataan vasta siinä vaiheessa, kun ne aiheuttavat vaurioita näkyville pinnoille tai ilmenevät ärsytyksenä tai muina oireina käyttäjissä. [27] [22]

### 9.2 Sisäilmaongelmat

Huono sisäilmanlaatu, joka vaikuttaa oleellisesti työympäristön laatuun, voidaan poistaa korjaamalla rakenteita, parantamalla kiinteistönpitoa ja siivousta. Samalla voidaan vaikuttaa tilan viihtyvyyteen, opiskelijoiden virkeystilaan ja oppimiseen. Kosteusvauriot yhdistettynä rakennusmateriaalien kemiallisiin yhdisteisiin voivat tuottaa sisäilmaan terveydelle haitallisia yhdisteitä. Samoin mikrobivaurioista voi syntyä sisäilmaongelmia mikrobien tuottamien VOC-yhdisteiden päästessä sisäilmaan. Rakennusmateriaalien pinnoista irtoaa myös haitallisia yhdisteitä huoneilmaan, mutta usein oikeinsäädetty ilmastointi pitää materiaaleista haihtuvat emissiot alhaisina. Rakennuksen materiaalien lisäksi sisäilmaan voi päästä epäpuhtauksia rakenteiden sisältä tai ulkoa rakenteen rei'istä ja aukoista sekä avoimina pidetyistä ikkunoista. Maasta nouseva radon on myös yksi sisäilmaongelmien lähde, joka kulkeutuu rakennukseen epätiivin alapohjan läpi. Kaikkia sisäilman epäpuhtauksia voidaan torjua siivoamalla tiloja ja pintoja oikein ja oikeilla kemikaaleilla. Pinto-

jen puhdistuksen aikana sisäilman epäpuhtauksien pitoisuudet ovat korkeimmillaan ja usein siivouksessa käytettävät aineet voivat olla myös ongelmallisia. Sisäilmaongelmia aiheuttavat myös ihmisten hengityksen tuottama hiilidioksidi ja tupakansavu. [27]

## 10. RAKENNUKSEN PURKAMINEN

Purkutyön turvallisuudesta on annettu ohjeet valtioneuvoston asetuksella rakennustyön turvallisuudesta VNa 26.3.2009/205. Rakennuttajalla on keskeinen rooli purkutyön turvallisuudesta. Ennen purku-urakkaa vaaditaan ongelmajäte- ja asbestikartoitus. Ongelmajättekartoituksessa otetaan huomioon terveydelle vaarallisia ja muutoin haitallisia aineita, joita on mm. kreosotti, PCB, lyijy, home, elohopea, kvartsi-, sementti-, kalkki-, mineraalivilla- ja puupöly. Vaarallisia aineita on käytetty aikaisemmin monissa rakennustuotteissa. Lisäksi täytyy selvittää onko rakennus toimintansa aikana tuottanut vaarallisia aineita esimerkiksi kerääntynyt rakennuksen viemäriverkkoon. Taulukossa 10.1 on lueteltuna eri osapuolten turvallisuus velvoitteita purku-urakassa. Purkusuunnitelman aikatauluun on huomioitava enemmän jouta-

Taulukko 10.1: Eri osapuolten työturvallisuus velvoitteet [18] [29]

Rakennuttaja	Suunnittelijat	Urakoitsijat
-Purkulupa -Asbestikartoitus -Ongelmajättekartoitus -Purkuohjelma -Turvallisuusasiakirja -Suunnittelijan valinta -Urakoitsijoiden valinnat -Valvonta	-Purkusuunnitelmat -Toteutuksen aikaisen turvallisuuden huomioiminen suunnitelmissa ja selvityksissä -Purkutyöselostus ja purkupiirustukset -Tarkastaa ja avustaa urakoitsijoita purkutyösuunnitelman teossa	-Vastaava työnjohtaja / vastuuhenkilö -Työmaan aluesuunnitelma -Purkutyösuunnitelma -Turvallisuusseuranta -Koneiden ja laitteiden tarkastukset -Perehdyttäminen

vuutta, jos purkutyötä tehtäessä tulee ilmi suunnitelmista poikkeavia rakenteita, tai purkuaikana löytyvää ongelmajätettä, jota ei voida purkaa ennalta suunnitellulla tavalla. Hyvällä ennakkosuunnittelulla pystytään myös tekemään oikeat kalusto- ja purkumenetelmävalinnat, joilla voidaan vaikuttaa myös syntyvään jätteeseen. Jätteenkäsittely työmaalla on erityisen tärkeää varsinkin, kun toimitaan rajoitetulla alueella ja käytössä on suuria tilaa vaativia koneita. Täytyy myös huomioida purkamisen tilapäisjärjestelyt liikenteen, liikkumisen, purkujätteen kuljetuksen sekä alueella liikkuvien ulkopuolisten henkilöiden kannalta.

Rakennuksen purkamisesta tulevat kulut määräytyvät purkutyöstä, purkujätteen lajittelusta, jätemaksuista ja kuljetuksista. Purkutyön yhteydessä on myös huomioita-

va tarvittavat luvat. Rakennuksen purkamiseen vaaditaan Maankäyttö- ja rakennuslain (132/99) mukaan purkulupaa, ellei rakennuksen tai sen osan purkamiseen ole lupaa rakennusluvassa. Purkulupa täytyy hakea 30 vuorokautta ennen purkamisen aloittamista. Purkamisluvasta on valitusoikeus jokaisella kuntalaisella. Purkuluvan edellytyksinä on purkutyön järjestämisen selvittäminen, toimenpidelupakaavakkeen täyttäminen, väestörekisterikeskuksen tilastolomake RK9, lainhuutotodistus ja karttaote lisäksi suurissa purkukohteissa vaaditaan vastaava työnjohtaja. Selvitys tarvitaan myös rakennusjätteen käsittelystä ja käyttökelpoisten rakennusosien hyödyntämisestä.

Jätelain mukaan "Kaikessa toiminnassa on mahdollisuuksien mukaan noudatettava seuraavaa etusijajärjestystä: Ensisijaisesti on vähennettävä syntyvän jätteen määrää ja haitallisuutta. Jos jätettä kuitenkin syntyy, jätteen haltijan on ensisijaisesti valmisteltava jäte uudelleenkäyttöä varten tai toissijaisesti kierrätettävä se. Jos kierrätys ei ole mahdollista, jätteen haltijan on hyödynnettävä jäte muulla tavoin, mukaan lukien hyödyntäminen energiana. Jos hyödyntäminen ei ole mahdollista, jäte on loppukäsiteltävä." [38, 8§]. Jätteen valmisteleminen uudelleenkäyttöön ja kierrätykseen on huomioitu jätelaissa 16§:ssa listataan erilliskeräykset ainakin seuraaville jätelajeille: betoni-, tiili-, kivennäislaatta- ja keramiikkajätteet, kipsipohjaiset jätteet, kyllästämättömät puujätteet, metallijätteet, lasijätteet, muovijätteet, paperi- ja kartonkijätteet sekä maa- ja kiviainesjätteet. Itse rakennuksen purkaminen ei vaadi ympäristölupaa, mutta purkamisessa käytetyt prosessit, kuten betonin murskaaminen aiheuttavat usein ympäristöön tilapäistä melua ja tärinää. Tällöin tulee tehdä Ympäristönsuojelulain 60§:n mukainen meluilmoitus.

Jätteen uudelleenkäyttö rakentamisessa vaatii ympäristöluvan, jonka voi hakea ympäristöviranomaiselta tai ympäristökeskuksesta. Jätteen loppusijoitus tarvitsee ympäristöluvan, jolloin asia kannattaa selvittää ajoissa. Tammikuun 1. 2016 jälkeen purkujätteen loppusijoitus on mahdollista tehdä myös rakennuspaikalle. Valtioneuvoston asetuksessa jätteistä sanotaan seuraavaa: "Yhdyskuntajätettä ja rakennus- ja purkujätettä sekä niiden käsittelyssä syntyvää jätettä saa hyödyntää penkereissä, kaivantojen täyttämässä ja muussa vastaavassa maantäytössä vain, jos jätteessä olevan biohajoavan ja muun orgaanisen aineksen pitoisuus määritettynä orgaanisen hiilen kokonaismääränä tai hehkutushäviönä on enintään 10 prosenttia. Tämä ei koske jätteen polttamisessa syntyvää lento- tai pohjatuhkaa, jos sen liuenneen orgaanisen hiilen pitoisuus on alle 800 milligrammaa kilogrammassa määritettynä nesteen ja kiinteän aineen suhteessa 10 litraa kilogrammaa kuiva-ainetta kohden joko jätteen omassa pH:ssa tai pH:ssa 7,5-8, eikä maa- ja kiviainesjätettä." [39, 16a§].

Yksittäisen purkukohteen kustannuksia on todella vaikea arvioida ennakolta, koska jokainen purku-urakka on yksilöllinen. Rakennuksessa käytettyjen materiaalien, vaarallisen materiaalin määrän ja vaarallisuuden määrän vaihdellessa kohteittain. Tarjouspyynnöistä on selvittävä urakkaan kuuluvat sivuvelvollisuudet kuten purkutyösuunnitelmien laatiminen, työnjohto, sosiaalitoimien järjestäminen, jätekustannukset, teline- ja nostokalusto sekä muut urakkaan kuuluvat työt ja kustannukset. Kokonaishintaista tarjousta voidaan käyttää, jos tiedetään purkumäärät riittävän tarkasti. Taulukkoon 10.2 on listattu huomioita, joita sopimuksista on löydettävä. Sopimuksien valmisteluun löytyy ohjeita ja sopimuksen teossa voi luottaa ulkopuoliseen alan asiantuntijaan. Kustannusten vertailemiseksi on kerätty ratu-kortin Ra-

Taulukko 10.2: Mitä yksikköhintaisesta ja kokonaishintaisesta purkutyötarjouksesta tulee löytyä [29].

<b>Yksikköhintainen tarjous</b>	<b>Kokonaishintainen tarjous</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Mitä yksikköhinta sisältää</li> <li>-Kaikkien tiedossa olevien purkutöiden yksikköhinnat</li> <li>-Määräluettelon nimikkeiden määrän muuttuessa yli 25% suoritettava yksikköhinnan tarkistus</li> <li>-Kuinka lisä- ja muutostöitä veloitetaan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Mitä kaikkia työvaiheita urakka käsittää, esimerkiksi kuuluvatko jätemaksut tai viereisten kiinteistöjen katselmuksot urakkaan</li> <li>-Kokonaishinnassa urakoitsijan riskivaraus</li> <li>-Miten menetellään, jos työ poikkeaa aikaisemmin sovitusta (maksuperuste lisä- ja muutostyölle)</li> </ul>

tu 82-0379 mukaisia rakenneosien purkamiseen kuluvia työntekijätunteja, jotka on kerrottu taulukon 12.1 pinta-aloilla, jolloin on saatu rakennusosien purkamisaikoja. Nämä on kerrottu käsintehtävän lajittelevan purkutyön tuntihinnalla 40 €/tunti, jolloin saadaan purkutyölle kustannusvertailu. Purkukustannuksista on tehty lyhyt laskelma liitteeseen 4.

## 11. RAKENNETYYPIT, RISKIT JA KORJAAMINEN

Tässä kappaleessa käydään läpi diplomityössä tutkittavina olevien rakennusten rakennetyypit sekä etsitään niissä tällä hetkellä esiintyviä riskejä ja ongelmia. Jokaiselle rakenneosalle etsitään sellainen korjaus, jolla voidaan poistaa rakenteesta löytyneet ongelmat. Korjauksen yhteydessä esiteltävät korjausesimerkit eivät ole välttämättä parhaita, mutta niiden avulla saadaan käsitys korjaushankkeen sisällöstä ja suuruudesta. Todellisten korjausvaihtoehtojen valinta tulee suunnitteluprosessin aikana arkkitehdilta ja rakennesuunnittelijoilta. Tehdyt korjaussuunnitelmat antavat suuntaa, millaisia korjauksia rakenteeseen tulisi toteuttaa.

	Rakennusluvun vireilletulovuosi								
	-1969	1969-	1976-	1978-	1985-	10/2003-	2008-	2010-	2012-
Lämpimät tilat									
Ulkoseinä	0,81	0,81	0,40	0,35	0,28	0,25	0,24	0,17	0,17
Maavarainen alapohja	0,47	0,47	0,40	0,40	0,36	0,25	0,24	0,16	0,16
Ryömintätilainen alapohja	0,47	0,47	0,40	0,40	0,40	0,20	0,20	0,17	0,17
Ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,35	0,35	0,35	0,29	0,22	0,16	0,16	0,09	0,09
Yläpohja	0,47	0,47	0,35	0,29	0,22	0,16	0,15	0,09	0,09
Ovi	2,2	2,2	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,0	1,0
Ikkuna	2,8	2,8	2,1	2,1	2,1	1,4	1,4	1,0	1,0
Puolilämpimät tilat									
Ulkoseinä	0,81	0,81	0,70	0,60	0,45	0,40	0,38	0,26	0,26
Maavarainen alapohja	0,60	0,60	0,60	0,60	0,45	0,36	0,34	0,24	0,24
Ryömintätilainen alapohja	0,60	0,60	0,60	0,60	0,40	0,30	0,28	0,26	0,26
Ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,60	0,60	0,60	0,60	0,45	0,30	0,28	0,14	0,14
Yläpohja	0,60	0,60	0,60	0,60	0,45	0,30	0,28	0,14	0,14
Ovi	2,2	2,2	2,0	2,0	2,0	1,8	1,8	1,4	1,4
Ikkuna	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	1,8	1,8	1,4	1,4

**Kuva 11.1:** Rakenneosien määräysten ja ohjeiden mukaisia maksimenja  $W/m^2K$  eri vuosilta. Kuva: Laskentaliite ympäristöministeriön asetuksen "rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä" [40]

Rakenteita korjattaessa täytyy ensin tunnistaa riskirakenteet, joita lähdetään korjaamaan. Rakenteen korjaamisen tarkoituksena on parantaa jo olemassa olevaa rakennetta toiminnallisesti, lämmöneristävyydeltään ja tehden rakenteesta turvallisemman. Rakenteita voidaan suunnitella myös purettaviksi, mutta vanhan rakenteen

purkamiseksi täytyy tutkia kuinka purkaminen voidaan tehdä turvallisesti. Vanhojen vaipparakenteiden korjaamisessa on usein kyse rakenteen energiatehokkuuden parantamisesta. Kuvassa 11.1 on Suomessa eri vuosina käytössä olleet lämmönläpäisykertoimien maksimi-arvot eri rakenneosille. Vaipparakenteiden rakennetyypeille on laskettu materiaaliominaisuuksien avulla lämmönläpäisykertoimien arvoja liitteessä 6. Laskennassa on käytetty Suomen rakentamismääräyskokoelman osasta C4 löytyviä ohjeita lämmönläpäisyarvojen laskentaan ja materiaalien normaalisia lämmönvastuksia [37, s. 4-7]. Kuvien korjatut rakeneet täyttävät vuoden 2012 lämmönläpäisyarvot.

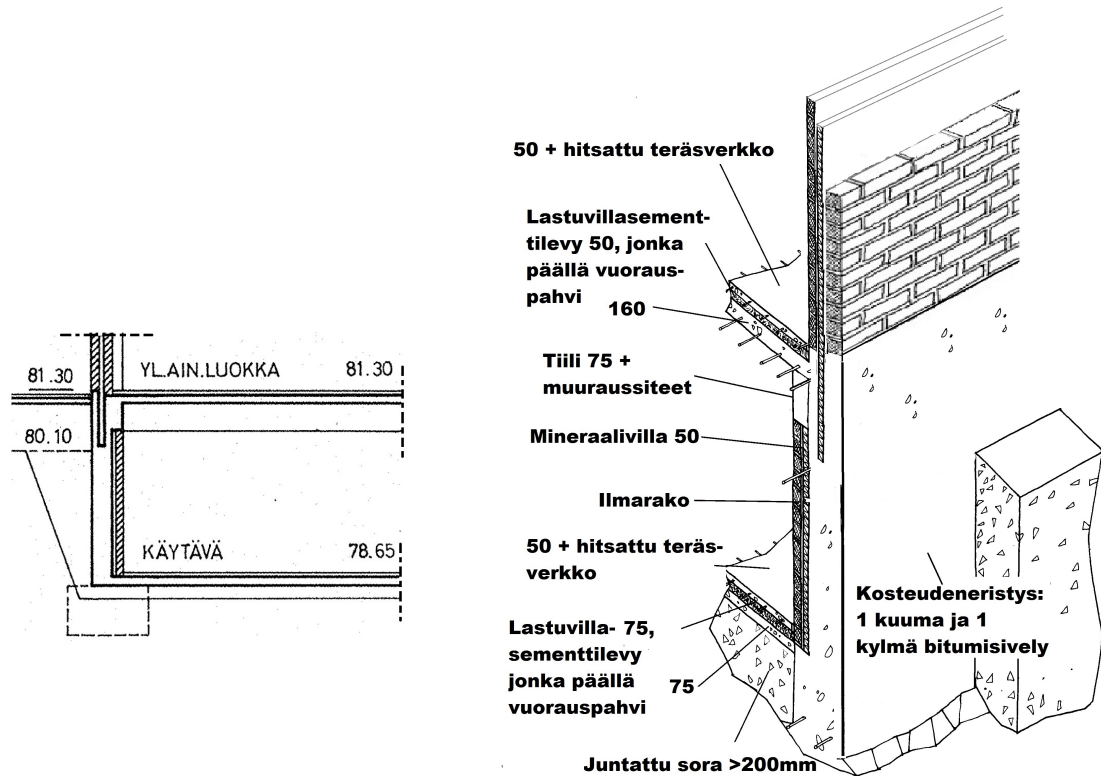
## 11.1 Otsolan A-rakennus

### 11.1.1 Kellarin seinät ja alapohja

Kellarissa on teräsbetoniset maanpainesseinät, jotka on eristetty sisäpuolelta noin 50 mm mineraalivillaa. Eristeen sisäpuolella on tiiliseinä. Sokkelin kohdalla on leikkauskuvan 11.2(a) mukaan eristehalkaisu seinävalussa. Sokkelin eristeet ja niiden kunto on tarkastettu kesäkuussa 2005 Kaprakan sisäilmakeskuksen tekemässä kuntotutkimuksessa [12], jolloin otetuista näytteistä on todettu mikrobivaurioita eristeessä. Sokkelin eristeeksi on todettu korkkilevy kahden kovalevyn välissä.

Alapohjana on maanvarainen betonilaatta, jonka pinnoitteet on jouduttu uusimaan alapohjassa havaitun kosteuden takia. Rakenneleikkauksessa kuvassa 11.2(a) on esitettyinä kellarin seinä ja lattiarakenteet sekä sokkelit. Kuvan perusteella voi päätellä, että rakenteena on esimerkkidetallin 11.2(b) kaltainen rakenne. Seinä rakenteen voidaan olettaa olevan kuvan 11.2(b) mukainen, jolloin seinän rakenne olisi ulkoa sisälle 300 mm betoniseinää, 50 mm mineraalivillaa eristettä ja 75 mm tiilimuuraus. Tällöin seinän laskettu U-arvo on noin  $0,64 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  (liite 6). Laskettaessa mineraalivillan lämmönvastusta arvolla  $0,05 \text{ W}/(\text{mK})$ , jolloin eristeen oletetaan olevan täysin kunnossa. Kellarin maata vasten rajoittuvien seinä rakenteiden vertailuarvona vuoden 2012 määräyksissä käytetään  $0,16 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Seinä rakenteessa ja lattiassa on havaittu kosteutta, joka viittaa siihen, että seinän kosteuseristys tai rakennuksen salaojat eivät toimi kunnolla. Lisäksi kuntotutkimuksissa on todettu mikrobivaurioita sokkelin korkkieristeessä. Jos seinän kosteuseristys ei ole kunnossa, voi rakennuksen seinä- ja lattiarakenteisiin päästä kosteutta maaperästä. Rakenneleikkauksen mukaan kellarin seinän ja ulkoseinän lämmöneriste ei ole yhtenäinen, jolloin rakenteen läpi muodostuu kylmäsilta.





(a) Kellarin leikkaus, Kuva Otsolan A-talon rakenneleikkaukset 1966

(b) Esimerkkidetaji, Kuva: Kerrostalot 1960-1975 [23]. Kuvaa muokattu.

**Kuva 11.2:** Peltolan A-talon kellarin seinän rakenneleikkaus

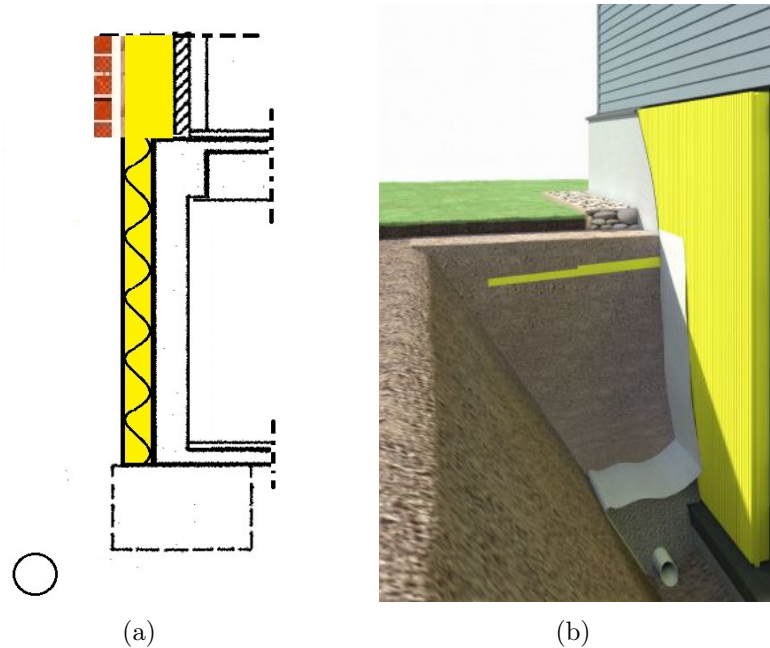
Rakennuksen alla on osittain tuulettuvaa alapohjaa, joka on toteutettu betonilaa-talla. Alapohjan alla kulkee muutamia taloteknisiä reittejä. Alapuolisen eristeen kunnosta tai maapohjasta ei diplomityöaineistossa ollut dokumentteja. Ryömintä-tilasta alapohjan alueelta on havaittu vuoden 2005 tutkimuksissa [12] kosteus- ja mikrobivaurioita. Alapohjaan on tehty kunnostustoimenpiteitä 2007, alapohjaan on asennettu lisälämmöneristystä. Voimistelusalin alapohjaan on asennettu myös ko-neellinen ilmanpoisto 2007.

### 11.1.2 Kellarirakenteiden korjaaminen

- Seinärakenteen ulkopuolisen eristämisen yhteydessä salaojien tarkistus
- Seinärakenteen sisäpuolinen eristäminen laskee rakenteiden lämpötilaa
- Alapohjan alapuolinen eristäminen estää ryömintätilan lämpenemisen

Rakennuksen perusmuuri on tehtyjen sisäilmatutkimusten, kuntoarvioiden ja kun-totutkimusten mukaan kärsineet eristekerroksen mikrobivaurioista, jotka johtuvat rakenteeseen päässeestä kosteudesta. Perusmuurin korjaamiseksi sokkelin eristeet ja

sisäpuolinen eristys tulisi purkaa ja korvata se rakenteen ulkopuolisella eristeellä. Samalla voitaisiin varmistua rakenteen salaojien toiminnasta, sokkelin kosteudeneristyksestä ja rakennuksen kuivatuksesta. Rakenteet voisi korjata kuvan 11.3 kaltaiseksi. Nykyisen rakenteen korjaaminen vastaamaan tämän hetken lämmönläpäisyarvoja parantaisi rakenteen U-arvoa  $0,48 \text{ W/m}^2\text{K}$ , jolla saavutettaisiin  $5,9 \text{ kWh/m}^2$  energiansäästöä vuodessa. Kellarin seinärakenteeseen tulisi lisätä lämmöneristettä ja



**Kuva 11.3:** Perusmuurin perusparannus, Kellarin seinä Kuvassa (a) Kuva: Otsolan A-talon rakenneleikkaukset 1966. Perusmuurin korjauksen havainnekuva kuvassa (b) Kuva: Finnfoam

uusia ulkopintaan kosteudeneriste. Hyvä vaihtoehto rakenteen korjaamiseen on kaivaa kellarin seinärakenne ulkopuolelta ja rakennuksen alta esille. Samalla voidaan tarkistaa salaojien toimivuus, poistaa vanhat eristeet sokkelin ulkopuolelta, korjata sokkelin kosteuseriste ja lisätä lämmöneriste ulkopintaan. Rakenteen kosteuspiste siirtyisi ulospäin ja erona aikaisempaan kaikki eristeen sisäpuoliset rakenteet pysyvät lämpimänä. Lämmöneristeenä tulisi käyttää kosteutta ja maanpainetta kestävä eristettä. Mahdollisia vaihtoehtoja ovat muovipohjaiset XPS- ja EPS-eristeet tai kivi- ja lasivilla.

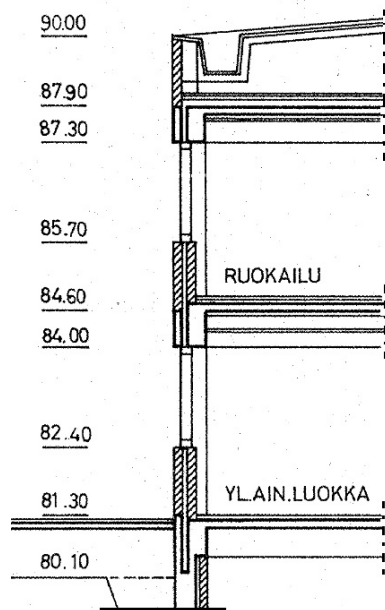
Toinen mahdollinen korjaus olisi eristää rakennetta sisäpuolelta. Sisäpuolinen eristys onnistuisi kohtuullisen vaivattomasti eikä suuria kaivaustöitä rakennuksen ulkopuolelle tarvittaisi. Huoneala toisaalta pienentyy rakennuksen sisäpuolella. Rakenteen sisäpuolisessa eristämisessä täytyy olla hyvin huolellinen, koska sisäpuolinen eristäminen siirtää kastepisteen rakenteen sisälle. Tällöin eristeen ulkopuoliset osat kyl-

menevät ja eristeen ulkopintaan tai eristeeseen voi tiivistyä kosteutta. Käytettävien eristeiden täytyy kestää kosteutta ja eristeen sisäpintaan on asennettava kosteussulku. Lämmöneriste tulisi myös tehdä yhtenäisenä lattiasta kattoon. Rakenteeseen tulisi tehdä myös kosteuskatko niin, ettei kellarin seinärakenteesta pääse kulkeutumaan kosteutta yläpuolisiin rakenteisiin.

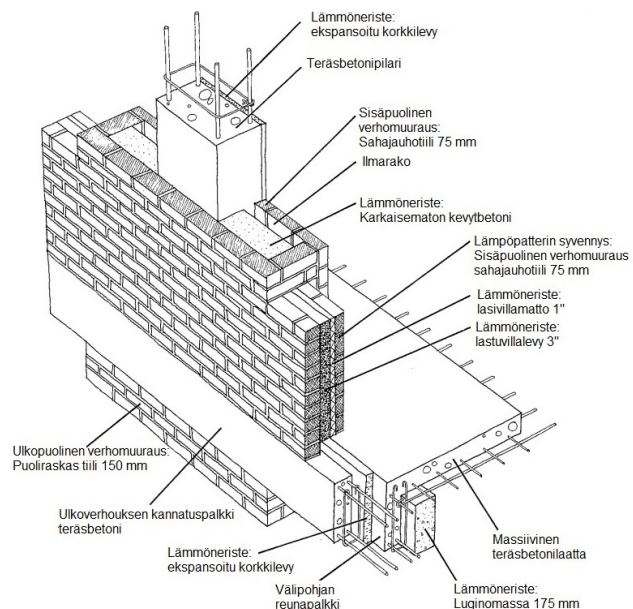
Kellarin alapohjan rakenteen lisäeristäminen olisi myös suositeltavaa. Ryömintätallisten alapohjien kohdalla eristäminen onnistuu ryömintätilojen kautta. Rakennuksen alapohjien tuuletusta on tehostettu asentamalla alapohjaan poistoilmakone. Ilmanvaihdon toimivuutta voidaan parantaa eristämällä maapohjaa, jolloin tuuletusilma ei jäähdy talvella

### 11.1.3 Ulkoseinät ja ikkunat

Ulkoseinissä on leikkauskuvan 11.4(a) mukaan ulkoverhoustiili, jonka takana on 70-75 mm eristettä ja sisäpuolinen tiilimuuraus. Ulkoseinärakenteen eristekerrokseen on tehty kaksi mikrobiutkimusta 24.8.2005 ja 3.7.2007. Molemmat tutkimukset on tehnyt Kaprakan sisäilmakeskus. Ensimmäisessä tutkimuksessa kahdessa tutkituista kuudesta ulkoseinästä otetusta näytteestä löytyi merkittävää mikrobikasvustoa [12].



(a) Ulkoseinän leikkaus, Kuva Otso-  
lan A-talon rakenneleikkaukset 1966



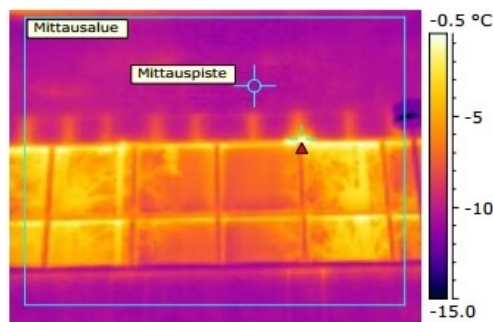
(b) Esimerkkidetali ulkoseinän rakenteesta pilarin kohdalla. Kuva: Kerrostalot 1960-1975 [23]

**Kuva 11.4:** Ulkoseinän leikkauskuva ja esimerkkikuva

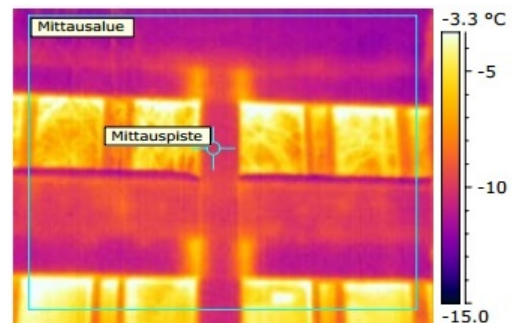
Eristeen vaurioituminen on tutkimusten mukaan johtunut kosteuden pääsystä ra-

kenteeseen julkisivun pellitysten kautta. Kosteus on päässyt leviämään ulkoseinärakenteeseen myös sokkelirakenteesta. Toisessa tutkimuksessa mikrobinäytteitä on otettu ulkoseinästä ensimmäisen ja toisen kerroksen ikkunoiden alapuolelta kohdasta, jossa on näkyvää kalkkeutumista rakenteen pinnassa. Yhtä näytteenottokohtaa lukuun ottamatta kaikista näytteistä todettiin vahva tai lievä kosteus- ja mikrobivaurio. Yhdessä näyteporauksessa ei ollut lämmöneristettä lainkaan. Tutkimuksen perusteella on havaittu, että tutkitulla kohdalla ikkunoiden vesipellitykset ovat vuotaneet vettä rakenteeseen. Ikkunapeltejä on korjattu tutkimusten jälkeen kesällä 2008. Rakenteessa ei ole myöskään minkäänlaista höyrynsulkua, joka estäisi kosteuden kulkeutumisen rakenteen läpi. Kosteuden lisäksi tiilirakenteen läpi kulkee usein myös jonkin verran ilmaa. Rakenteen sisäpinnan tasoitus ja maalaus toimivat tiiliseinäessä ilmasulkuna. Rakennuksen lämmitysenergian kulutusta saataisiin tehostettua reilusti rakenteen uusimisella tai lisälämmöneristämällä.

Rakenne on hyvin paljon esimerkkikuvan 11.4(b) mukainen. Rakenteelle voidaan laskea teoreettinen u-arvo. Rakenne on laskettu kuvan 11.2(a) mukaan 85 mm tiili, 75 mm mineraalivillaa ja 85 mm tiili. Tällöin U-arvoksi saadaan  $0,50 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , kun 2012 määräysten mukainen vertailuarvo uudisrakennuksen ulkoseinärakenteille on  $0,17 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .



(a) Lämpökuva länsijulkisivulta voimistelusalin kohdalta, Kuva: Suomen sisäilmakeskus kuntotutkimusraportti [28]

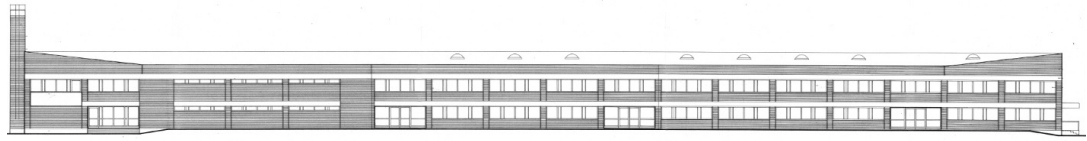


(b) Lämpökuva länsijulkisivulta pilarin kohdalta, Kuva: Suomen sisäilmakeskus kuntotutkimusraportti [28]

**Kuva 11.5:** Ulkoseinän lämpökuvia ikkunan ja ikkunapalkin lämpövuodoista

Ulkoseiniä kiertää välipohjien kohdalla laatassa oleva reunapalkki. Palkki korvaa tiilimuurauksen sisäpuolella ja reunapalkkiin ulkopuolella sidoksissa oleva ikkunapalkki korvaa muurauksen julkisivussa. Yhteen liitettyjen palkkien välissä on hyvin vähän eristettä ja palkkien sidokset aiheuttavat kylmäsillan rakenteen läpi. Kylmäsillat nähdään selvästi ulkoseinärakenteista otetuista lämpökuvauksista 11.5(a). Kuvat on otettu rakennuksen länsijulkisivulta voimistelusalin ja luokkatilojen kohdalta.

Lämpökuvaukset on tehty helmikuussa 2010 Suomen sisäilmakeskuksen toimesta.



**Kuva 11.6:** Otsolan julkisivu länteen. Kuva: Otsolan A-talon julkisivukuvat 1966

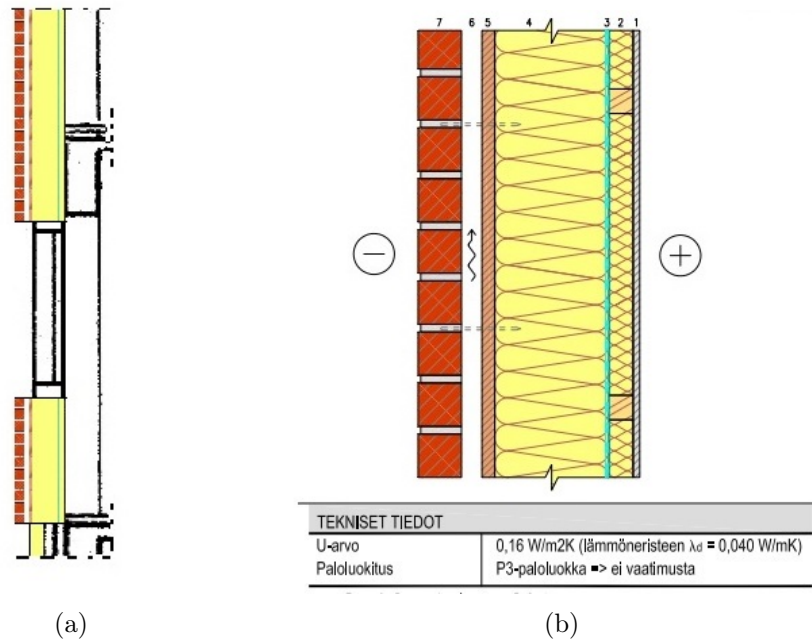
Rakennuksessa on vanhat osittain alkuperäiset ikkunat, joiden kautta tapahtuu myös lämpövuotoa. Peltolan rakennuksen julkisivukuvasta 11.6 voidaan nähdä, että rakennuksessa on paljon ikkunapinta-alaa, joiden uusimisella saadaan aikaan suuri vaikutus energiansäästöön ja viihtyvyyteen.

#### 11.1.4 Ulkoseinien ja ikkunoiden korjaaminen

- Ulkoseinien eristeiden kosteusvauriot
- Ulkoseinärakenteen toteuttaminen ilman ikkunapalkkeja
- Korjaaminen elementtirakenteilla nopeuttaa korjausta
- Ikkunoiden uusiminen parantaa rakennuksen viihtyvyyttä ja energiankulutusta

Ongelmien poistamiseksi rakenne olisi hyvä korjata kokonaan, koska purkamisen yhteydessä voidaan vaurioituneet eristeet poistaa kokonaan. Rakennuksen pilarirunko antaa mahdollisuuden purkaa ulkovaippaa vapaasti, koska ulkoseinärakenne kantaa vain oman kuormansa. Runko jäykistetään porrashuoneilla, jolloin ulkoseinien poistaminen ei varanna rakennuksen stabiliteettia. Uudet kuormat ja vanhojen rakenteiden kestävyys tulee tarkistaa rakennesuunnitelmilla korjauksia suunniteltaessa.

Vanha rakenne voidaan purkaa osittain tai kokonaan. Korvaavaksi rakenteeksi voidaan asentaa esimerkiksi esivalmistetut ulkoseinäelementit, jolloin ikkuna- ja reunapalkin välinen kylmäsilta poistetaan rakenteesta. Ulkoseinäelementit voidaan tehdä joko betoni- tai puurakenteisina. Puurakenteiset ulkoseinäelementit ovat kevyempiä ja niiden paikalleen asentaminen voidaan tehdä kevyemmällä kalustolla. Kevyempiä ulkoseinäelementtejä käytettäessä ei rakenteita tarvitse usein vahvistaa, vaan ne voidaan kiinnittää suoraan vanhaan runkoon. Elementtien käyttäminen korjauksessa nopeuttaa myös rakentamisaikaa. Kuvassa 11.7 on esitetty yksi mahdollinen esimerkki rakenteen korjaamiseksi. Julkisivujen korjauksella vaikutetaan huomattavasti rakennuksen ulkonäköön. Ulkoseinän uusimista Otsolan A-rakennukseen voidaan pitää helppona, vaikka ulkoseinärakennetta on kohteessa paljon, rakennuksen



**Kuva 11.7:** Ulkoseinän perusparannus, Vanharakenne kuvassa (a) Kuva: Otsolan A-talon rakenneleikkaukset 1966. Korjattu ulkoseinärakenne kuvassa (b) Kuva: [www.puuinfo.fi](http://www.puuinfo.fi)

yksinkertaiset muodot ja tiili-villa-tiili -rakenne on yksinkertaista korjata. Jos seinärakenne korjataan nykymääräysten ohjeistamalle tasolle, saavutetaan muutoksella säästöä energiankulutuksessa noin 11,8 kWh/m<sup>2</sup> vuodessa. Vuoden 1967 ulkoseinän lämmöneristysmääräys on ollut 0,81 W/m<sup>2</sup>K.

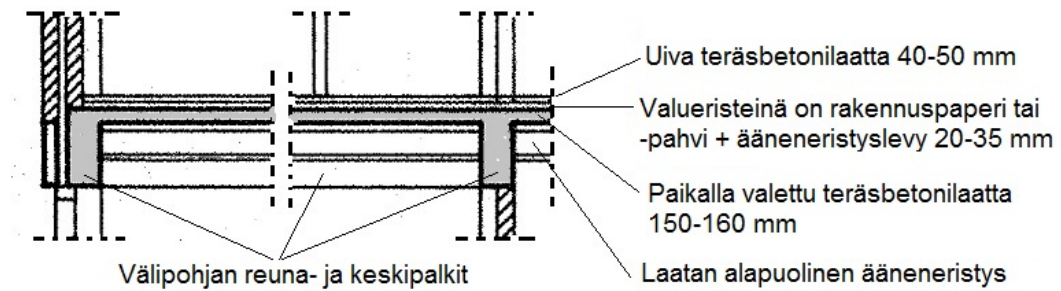
Ikkunoiden lämmöneristävyyden lisäksi ikkunoiden ilmanpitävyys on tärkeää, koska rakennuksen ulkovaipassa on suuria ikkunapintoja. Alkuperäisissä ikkunoissa on tiiveysoongelmia karmien elämisen ja tiivisteiden kulumisen takia. Ikkunoiden U-arvot ovat luokkaa 1,9 W/(m<sup>2</sup>K). Ikkunoiden uusiminen monilasi-ikkunoiksi, joilla saavutetaan lämmönläpäisyarvot 0,9-1,1 W/(m<sup>2</sup>K) saavutetaan energiansäästöä vuodessa noin 1,2 kWh/m<sup>2</sup>. Ikkunoiden uusimisen yhteydessä niistä saadaan tiiviimmät ja karmeista poistuvat mahdolliset korvausilmakanavat, vuotokohdat ja uusien ikkunoiden ääneneristävyys on paljon parempi poistamaan liikennemelua.

### 11.1.5 Välipohjat

Välipohjat ja yläpohja on toteutettu massiivisina paikalla valettuina teräsbetoni-välipohjana. Alkuperäisten leikkauskuvien perusteella rakenteena on käytetty noin 150-160 mm valua, jonka päällä on ääneneristys ja kelluva 40-50 mm pintabetoni. Rakenneleikkaus kuvassa 11.8.

Välipohjien rakennetta on korjattu asentamalla laattojen alapuolelle alakatto, jo-





**Kuva 11.8:** Otsolan välipohjan leikkauskuva. Kuva: Otsolan A-talon julkisivukuvat 1966

ka ulottuu lähelle palkkien alapintaa. Alakaton asennuksella on saatu vähennettyä äänen sivutiesiirtymää kattorakenteen laatan kautta tilasta toiseen. Alakattoon on sijoitettu akustiikkalevyjä.

### 11.1.6 Välipohjien korjaaminen

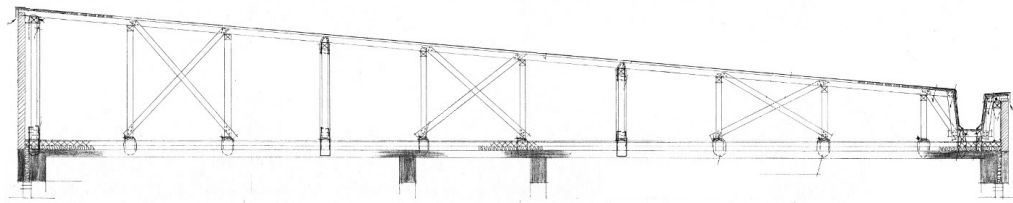
- Kuluvien pintamateriaalien uusiminen
- Välipohjien akustiikka

Välipohjilla vauriomekanismeina on pintamateriaalien mekaaninen kuluminen käytöstä ja äänieristysten kastuminen. Välipohjien välttämättömänä korjauksena voidaan pitää vain pintamateriaalin uusimista korjauksen yhteydessä. Pintamateriaalin uusimisen yhteydessä kannattaa tarkistaa betonirakenteiden kosteus ja kuivattaa välipohjarakenteet ennen uuden pintamateriaalin asentamista. Äänieristeinä käytettävien materiaalien täytyy kestää kosteutta. Ne eivät saa toimia mikrobien kasvualustana.

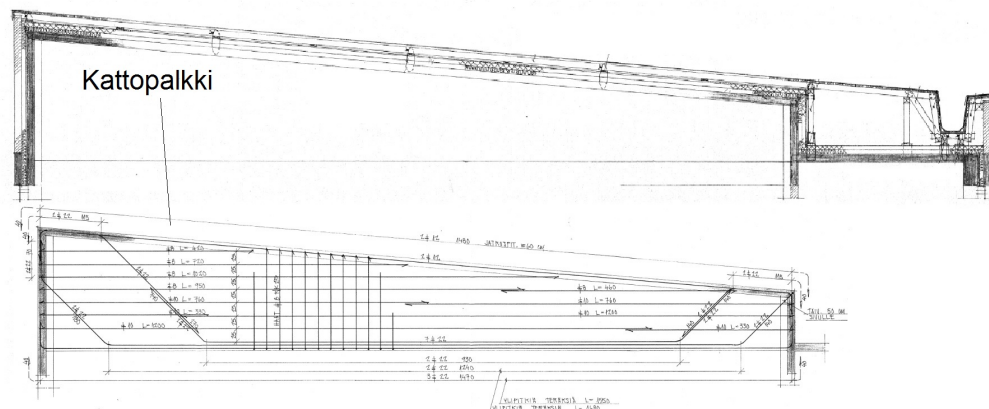
Välipohjat toimivat akustisesti samassa kerroksessa olevien tilojen välillä sekä kerrosten välillä. Samassa kerroksessa ääni pääsee kulkeutumaan tilojen välillä välipohjan pintalaatan kautta, jolloin tilojen välinen ääneneristävyys heikkenee. Ääneneristävyttä voidaan parantaa katkaisemalla tiloja yhdistävä pintalaatta väliseinän kohdalta. Massiivisella betonilaatalla on erinomainen ilmaääneneristyskyky matalilla ja korkeilla taajuuksilla, joka johtuu rakenteen massasta ja massalaista. Välipohjille ongelmallisia ovat keskitaajuuksien eristys. Kelluvan lattia-rakenteen akustisia ominaisuuksia voidaan parantaa massiivisemmalla pintalaatalla tai pienentämällä eristekerroksen dynaamista jäykkyyttä. Kelluva lattia vaimentaa myös askelääntä tehokkaasti. Askelääneneristävyyteen voidaan vaikuttaa myös pintamateriaalilla, mutta sen käyttäminen yhdessä kelluvan lattian kanssa on pienempi kuin massiivisen lattian päälle suoraan asennettuna.

### 11.1.7 Yläpohja

Yläpohja on myös massiivinen noin 200 mm korkuinen teräsbetonilaatta. Laatalle kattotuolit on asennettu tiilikorokkeiden päälle ja sidottu betonilaattaan upotettujen ruostumattomien lankojen avulla. Lämmöneristettä on yläpohjassa vain kattotuolien alapuolelta verran, eli noin 100-125 mm. Katemateriaalina on kattotuolien laudoituksen päälle asennettu kattohuopa. Leikkauskuva rakennuksen yläpohjasta on kuvassa 11.9(a). Yläpohjan laskennallinen U-arvo on noin  $0,36 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ , kun tämän hetkinen määräysten mukainen U-arvo yläpohjalle on  $0,09 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ .



(a) Yläpohja leikkaus ja kattotuolit. Kuva: Otsolan A-talon rakenneleikkaukset 1966



(b) Yläpohja voimistelusalin kohdalla ja betonipalkin raudoituskuva. Kuva: Otsolan A-talon rakenneleikkaukset 1966

**Kuva 11.9:** Yläpohjan leikkaus kahdesta eri kohdasta

Voimistelusalin kohdalla yläpohjan kannattimina ovat teräsbetonipalkit, joiden päälle on valettu betonilaatta. Kattotuoleina toimivat koko katon yli  $25 \times 100$  lankut, jotka on muiden kattotuolien tavoin sidottu betonilaattaan. Lankkujen molemmiin puoliin on lämmöneristettä lankun korkeuden verran 100 mm. Molemmat yläpohjarakenteet on kuvassa 11.9(b), jossa on esitetty voimistelusalin kattopalkin raudoitukset. Kattopalkin ja kattopinnan väliin ei ole suunniteltu kuin 100-125 mm eristettä. Eristeen lisääminen voimistelusalin yläpohjaan on mahdotonta muuttamatta kattorakennetta.



Sisäänpäin kaatavan aumakaton korkeilla reunoilla julkisivu on toteutettu muuraamalla räystäälle asti. Muurauksen takana itäsivulla, rakennuksen päädyissä ja osittain länsisivulla on tiilipilarit 3500 mm jaolla, joihin kattotuolien yläpää on sidottu. Yläpohjan päälle jälkeinpäin tehdyt ilmastointikonehuoneet on rakennettu 100 mm eristekerroksen päälle 100 mm betonivalulla, joka on samanlainen kuin rakennuksen välipohjissa käytetty rakenne. Lisäksi rakennuksen katolla on kahdeksan valokuilua, jotka avautuvat rakennuksen toisen kerroksen käytävälle. Valokuilujen ympärillä lämmöneristys on samanlainen kuin yläpohjassa.

Rakennukseen on suunniteltu sisäpuolinen sadevedenpoisto, joka on toteutettu pitkällä vedenpoistouralla katon länsireunalla. Syvässä vedenpoistourassa katemateriaali joutuu kovan rasituksen kohteeksi ja voi mahdollisesti vuotaa kosteutta katteen alle. Vedenpoistoura on asennettu lämmitysvastukset jäätyksen estämiseksi.

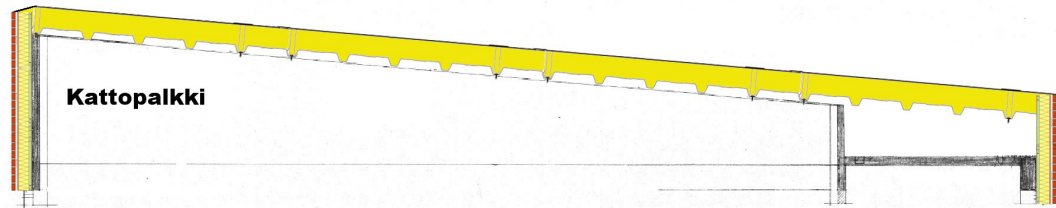
### 11.1.8 Yläpohjan korjaaminen

- Yläpohjan lisäeristäminen
- Voimistelusalin yläpohjan purkaminen ja lisäeristäminen kattoelementeillä

Yläpohjan rakennetta tarkasteltaessa tuli selkeästi esille, että yläpohjaan tarvitaan lisää lämmöneristettä, jonka avulla voidaan suoraan vähentää rakennuksen lämmitysenergian tarvetta. Yläpohjan lisäeristäminen kattotuolien kohdalla onnistuu helposti rakennetta muuttamatta. Lisäeristykseen voi toteuttaa puhallusvilla entisen eristekerroksen päälle. Yläpohjan uusiminen voidaan toteuttaa pienellä kustannuksella verrattuna kustannuksen tuomaan hyötyyn. Yläpohjan lämmöneristykseen parantaminen on toimenpiteenä helppo ja nopea. Korjauksen yhteydessä voidaan uusia yläpohjan vesikattorakenteet, jos niissä todetaan korjaustarvetta. Yläpohjan korjaus ja lämmöneristeen lisääminen parantaisi U-arvoa  $0,27 \text{ W(m}^2\text{K)}$  toisivat vuosittain noin  $12,6 \text{ kWh/m}^2$  vuosittaisen energiasäästön.

Voimistelusalin kohdalla asia ei ole aivan näin yksinkertainen, koska kannatinpalkkien päällä olevan betonilaatan ja katteen yläpintaan ei ole mahdollista lisätä eristettä korottamatta vesikattopintaa. Lämmöneristävyys kannalta parhaaseen lopputulokseen päästäisiin poistamalla voimistelusalin kohdalta kaikki vesikattorakenteet betonilaattaan asti ja korvaamalla yläpohjarakenne tällä kohtaa kattoelementeillä, jotka voitaisiin asentaa suoraan vanhan laatan pintaan. Myös vanha betonilaatta voidaan poistaa ja asentaa elementtirakenteinen katto suoraan palkkien päälle. Tällöin täytyy muistaa, että laatta toimii palkkien kiepahdustukena. Palkkien kiepahdaminen täytyy tällöin suunnitella ja toteuttaa erikseen. Teräspintaisten elementtien

palomääräyksessä teräs rakenteet tulee suojata oikein palolta esimerkiksi palosuoja-levytyksellä. Rakenne voitaisiin toteuttaa esimerkkikuvan 11.10 mukaan.



**Kuva 11.10:** Korjausesimerkki voimistelusalin yläpohjaan. Kuvaa editoitu. Alkuperäinen kuva: Otsolan A-talon julkisivukuvat 1966

Tällöin saataisiin käytettyä hyödyksi koko yläpohjan korkeus, eikä rakenteita tarvitsi muualla korottaa, jolloin rakennuksen ulkonäkö pysyisi alkuperäisenä. Rakennetta voidaan myös korottaa osittain keskeltä, jolloin sen ulkonäkö reunoilta ei muuttuisi. Korotetun rakenteen alle saataisiin enemmän tilaa eristeelle ja vesikattorakenteille. Toisen kerroksen käytävälle avautuvien valoaukkojen liitokset tulisi tarkistaa ja tarvittaessa lisäeristää aukkojen ympäristö.

### 11.1.9 Väliseinät

Väliseinärakenteena on pääasiassa puhtaaksimuurattu tiiliseinä. Rakennuspiirustuksista mitattuna väliseinärakenteet ovat 150 mm paksuja. Väliseinien rakenteissa ei ole mitään korjattavaa, vaan ongelmana on seinien sijoittelu. Tilojen toimintaan vaikuttaa myös niiden koko. Yhden tilan muuttaminen monitoimitilaksi johtaa usein suureen tilakokoon, jota tarvittaessa rajataan kevyillä sermeillä ja väliseinillä. Suunnitteluvaiheessa on tärkeää miettiä tarvitaanko monitoimitilaa vai tavallista luokkatilaa. Välisermien ääneneristys on vähäistä sekä niiden siirtäminen että varastointi on usein ongelmallista ja vaikeuttaa tilojen siivousta.

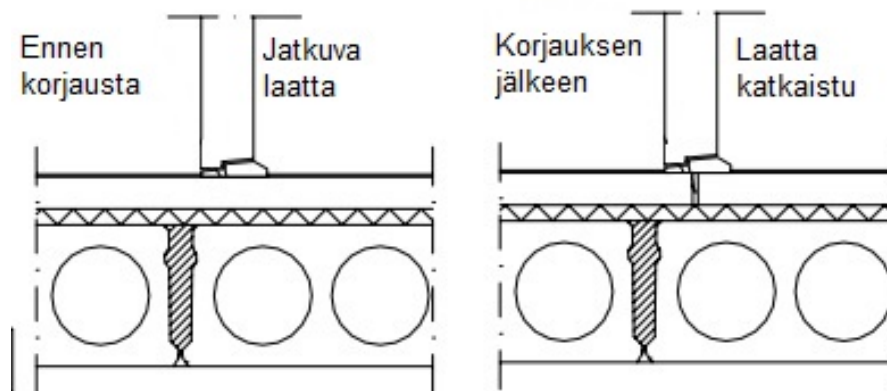
Rakennusinsinöörien liiton kirjan RIL 243-2-2007 Rakennusten akustinen suunnittelu; oppilaitokset, auditoriot, liikuntatilat ja kirjastot [7] antaa molemmilta puoliltaan rapatuille 130 mm tiiliseinille  $R_W=49$  dB ja rappaamattomalle väliseinälle  $R_W=46$  dB ilmaääneneristysluvun. Ilmoitetut arvot on mitattu laboratoriossa. Samasta kirjasta löytyy myös väliseinille ohjeistetut raja-arvot, jotka ovat luokan C rakenteille  $R'_W=44$  dB ja luokkien A ja B rakenteille  $R'_W=48$  dB. Rakenteet täyttävät ohjearvot, joten niiden lisäääneneristämiseen ei ole tarvetta. Ääneneristävyyden kannalta ongelmaksi tiloissa syntyy äänen kulkeutuminen viereisiin tiloihin väliseiniin liittyvien rakenteiden kautta. Äänen sivutiesiirtymä voi tapahtua väliseinät alittavan yhtenäisen lattialaatan kautta, koska pintarakenteessa ei ole ääntä eristävää kerrosta. Sama ilmiö tapahtuu tiloja yhdistävän ulkoseinän tai käytäväseinän

kautta. Äänen kulkeutuminen tilasta toiseen voi tapahtua myös vaimentamattomien ilmanvaihtokanavien kautta, jos tilat on yhdistetty samaan ilmanvaihtokanavaan.

### 11.1.10 Väliseinien korjaaminen

- Tilamuutokset siirtävät väliseinien paikkoja
- Väliseinien suunnittelu akustisesti oikein

Perusparannuksen yhteydessä tulee tilamuutoksia, jotka vaikuttavat tiloja jakavien väliseinien paikkoihin. Vanhat väliseinät joudutaan purkamaan ja uusia rakentamaan tilojen välille. Väliseinät jakavat tilan visuaalisesti ja myös akustisesti. Äänen kulkeutuminen tilaan sen ulkopuolelta on haitallista tilassa toimimisen suhteen. Väliseinien korjaamisen yhteydessä täytyy ottaa äänen sivutiesiirtymät huomioon. Väliseinien alta lattian pintalaatta kannattaa katkaista, jotta ääni ei kulkeudu tilasta toiseen yhteisen lattiaalaan kautta. Esimerkki korjauksesta kuvassa 11.11.

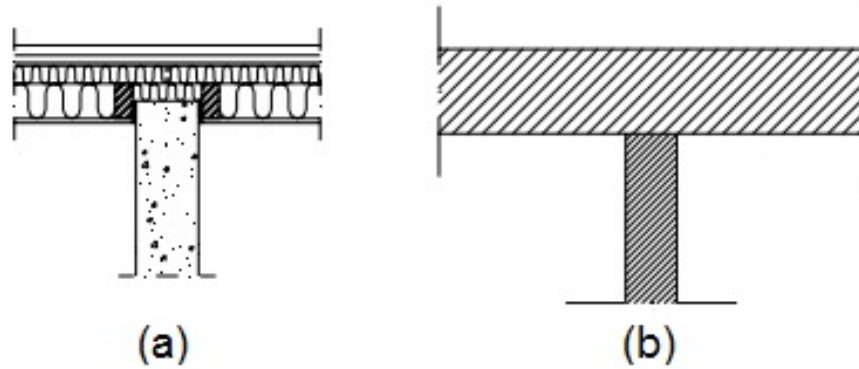


**Kuva 11.11:** Lattian pintalaatan katkaisu. Kuva: Talonrakentamisen akustiikka [21]

Katkaisu toimii myös tiloja yhdistävien pitkien käytäväseinien kanssa. Käytävän seinien pintarakenne kannattaa katkaista kuvan 11.12 a-kohdan mukaisesti.

### 11.1.11 Ilmanvaihto

Otsolan A-talon ilmanvaihto on toteutettu ns. hajautetulla tulo- ja poistoilmanvaihdolla. Osassa rakennusta, kuten joissain porrashuoneissa, toimii painovoimainen ilmanvaihto. Hajautettu ilmanvaihtojärjestelmä on ollut helpompi vaihtoehto toteuttaa jälkiasennuksena olemassa olevaan rakennukseen. Vuoden 1985 määräyksien jälkeen ilmanvaihdon korvausilmareitit on täytynyt osoittaa. Ennen tätä toteutetuissa järjestelmissä korvausilma on tullut rakenteen vaipan epätiiviiden kohtien läpi, kuten



**Kuva 11.12:** Korjausesimerkki väliseinien liitokseen. Kuva: Talonrakentamisen akustiikka [21]

esimerkiksi ikkunan raoista. Jos tällainen järjestelmä on myöhemmin korvattu tulo- poisto ilmanvaihdolla, täytyy rakennuksen vaippa tiivistää, että ilmanvaihto toimisi.

Rakennuksessa on yhteensä 29 tulo- ja poistoilmakonetta, joista kuusi on tuloilmakoneita. Tuloilmakoneet on sijoitettu rakennuksen yläpohjan päälle rakennettuihin IV-konehuoneisiin. Poistoilmakoneista kolme on sijoitettu IV-konehuoneisiin. Loput poistoilmakoneista ovat erillispoistoja, jotka on toteutettu huippuimureilla ja johdatettu rakennuksen katolle. Toisen kerroksen pohjoispäädyn toimisto-osan ilmanvaihto on toteutettu kahdella ilmanvaihtokoneella, jotka sijaitsevat toimiston aulaassa ja taukotilassa, sekä poistoilmakoneilla wc-tiloista. Suurin osa IV-koneista on 2000-luvulta, mutta vanhimmat koneet on asennettu taloon jo 1994. Tuloilmakoneille käyttöikä on noin 15 vuotta ja poistoilmakoneille ja IV-kanavilla 50 vuotta. Kanavia ja koneita tulisi tarkistaa, huoltaa ja puhdistaa noin 2 vuoden välein.

Rakennukseen on tehty ilmanvaihtoa ja sisäilmaa koskevat sisäilmatutkimukset vuosina 2008 ja 2014. Molemmat tutkimukset ovat pyrkineet selvittämään työntekijöillä esiintyneitä sisäilmaan liitettyjä oireita. Vuoden 2008 tutkimuksissa on otettu tiloista ilma- ja pyyhintänäytteitä, jolla on pyritty selvittämään esiintyykö tiloissa kosteusvauriomikrobeja. Lisäksi ilmanvaihtoa on tutkittu aistinvaraisesti ja merkkisavututkimuksilla 2008 ja 2014 [12]. Pyyhintänäytteistä on todettu, että rakenteissa todennäköisesti esiintyy kosteusvaurioita, mutta itiöpitoisuus on ollut tavanomainen. Tutkimuksissa toimistojen ilma on todettu tunkkaiseksi ja ilmanvaihdon ilmamääriä on ohjeistettu mitoittavaksi uudelleen. Lisäksi ulkoseinältä toimistotilaan virtaa korvausilmaa vanhojen venttiilien kautta.

### 11.1.12 Ilmanvaihdon korjaaminen

- Täysin uudistettu ilmanvaihto tai järjestelmän puhdistaminen
- Keskitetty lämmöntalteenotto

Ilmanvaihdon uusiminen korjauksen yhteydessä on rakennuksen viihtyvyyden ja energiatalouden kannalta tärkein yksittäinen korjaus. Täysin uuden ilmanvaihtokanaviston ja laitteiden asentaminen rakennukseen kasvattaa vaihdettavia ilmamääriä ja tuottaa näin paremmanlaatuista sisäilmaa. Lisäksi kokonaisuutena suunniteltu koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto voidaan keskittää paremmin ja poistoilmasta voidaan ottaa lämpöä talteen. Juuri suurissa toimisto-, liike- ja koulurakennuksissa lämmöntalteenotolla saavutetaan suurimmat hyödyt. Uusittu ilmanvaihtojärjestelmä kuluttaa sähköä usein vanhaa järjestelmää enemmän, mutta lämmöntalteenotolla voidaan laskennallisesti vähentää energiankulutusta. Lämmönläpäisyarvon muutoksen avulla on laskettu rakenneosan mahdollinen energiansäästö vuosittain. Ilmanvaihdon osalta energiansäästö on arvioitu noin 10 MWh/a, joka on alakanttiin tehty arvio. Ilmanvaihdon lämmöntalteenotolla on teoreettisesti mahdollista päästä noin 25 % [9, s.16] energiansäästöön, joka tarkoittaisi Otsolan 3 369,9 MWh/a vuosikulutuksesta 840 MWh/a. Tämä on yli 80 kertainen arvioituun nähden. Todellisuudessa rakennuksen lämpö karkaa tällä hetkellä enemmän rakenteen vaipan läpi kuin poistoilmanvaihdon mukana ulos. Laskelman arvio on tehty paremman lämmönläpäisyarvon omaavalle rakenteelle.

Poistoilmasta talteenotettua ilmaa voidaan käyttää lämmittämään tuloilmaa, lämmintä käyttövetä tai vesikiertoista lämmitystä. Järjestelmä vaatii, että rakennuksen ilmamäärä vaihdetaan 0,5 kertaa tunnissa. Erillispoistojen lämmöntalteenotolla on suuri merkitys, jos ne toimivat jatkuvasti minimi-ilmanvaihdon takia. Ilmanvaihtojärjestelmän uusiminen lisää sähkönkulutusta, koska vaihdettavia ilmamääriä kasvatetaan ja uudet järjestelmät ovat usein vanhoja laajempia. Sähkönkulutuksen muutosta remonttien yhteydessä voidaan arvioida ominaissähkötehon eli sfp-luvun ( $\text{kW}/\text{m}^3\text{s}$ ) avulla. Rakennusmääräyskokoelman D3 mukaan koneellisen tulo- ja poistoilmajärjestelmän sfp-luku saa olla enintään  $2,0 \text{ kW}/\text{m}^3\text{s}$  ja koneellisen poistoilmajärjestelmän  $1,0 \text{ kW}/\text{m}^3\text{s}$ .

## 11.2 Peltolan E-rakennus

### 11.2.1 Kellarin seinät ja alapohja

Kellarin rakenteet ovat paikalla valettuja betonirakenteita. Rakenteet ovat pääasiasa lämmöneristämättömiä ja kellarissa olleita käyttättömiä tiloja on täytetty hie-

nojakoisella maa-aineksella. Betonirakenteita on eristetty jonkin verran jälkeenpäin, mutta rakenteista puuttuu kunnollinen lämmöneristys. Kellarissa on sekä käyttötilaa että tuulettuvaa alapohjatilaa, joihin on sijoitettuna viemäröintejä ja muuta talotekniikkaa. Käyttötiloissa on ollut kosteusongelmia betonilaatan päälle liimatuissa muovimatoissa, jotka on jälkeenpäin muutettu laattalattioiksi. Kosteusongelmia on ollut myös kellarin seinissä, joista kosteus on irrottanut pinnoitteita. Kuva 11.13.



**Kuva 11.13:** Valokuva Peltolan E-talon kellarin seinien pinnoitteen irtoamisesta. Kuva: Pkky:n arkisto

Kosteusongelmat johtuvat pääasiassa maasta nousevasta kosteudesta. Kosteus pääsee nousemaan kellarin maapohjaan ja rakenteisiin. Syy voi olla rakennuksen alta puuttuvassa kapillaarikatkerroksessa, rakennuksen puutteellisessa salaojituksessa tai kellaritäyttöinä ja maapohjana olevassa hienojakoisessa maa-aineksessa. Syynä voi olla myös rakennuksen eristämättömän alapohjan läpi rakennuksesta maahan pääsevä lämpö, joka höyrystää kosteutta maasta rakenteisiin. Kellaritiloissa on edellämainituista syistä johtuen erittäin hyvät edellytykset mikrobikasvuston kehittymiselle. Kellaritilaan nousee maaperästä kosteutta, mitä ei ole estetty kapillaarikatkolla. Tilaan tulee myös yläpuolelta lämpöä, joka haihduttaa kosteutta maaperästä. Ryömintätilallisen kellarin ilmanvaihto ei toimi kunnolla, kun vaihtoilma jäähtyy maapohjaan, jolloin sen tehokkuus poistaa alapohjasta kosteutta vähenee.



Ryömintätilallisen alapohjan tuuletuksen tuuletusaukkojen tulee olla tarpeeksi suuria ja auki. Rakennuksen alapohjassa on siis edellytykset mikrobien kasvulle, jotka tuottavat terveydelle vaarallisia yhdisteitä. Kellaritilasta nämä mikrobien tuottamat MVOC-yhdisteet voivat kulkeutua sisätiloihin ja aiheuttaa käyttäjille iho-oireita tai hengitystie sairauksia.

### 11.2.2 Alapohjan korjaaminen

- Maapohjan eristäminen estää kosteuden haihtumista ja tehostaa tuuletusta
- Kosteuden poistaminen alapohjatilasta tuulettamalla
- Betonialapohjan eristäminen estää alapohjan lämpenemistä

Tuulettuvat alapohjatilat sisältävät paljon hienojakoista maa-ainesta sekä rakennusjätettä, joka näkyy kuvassa 11.14. Ylimääräinen maa-aines tulisi poistaa tilasta, ja tilalle tulisi asentaa karkeasta maa-aineksesta kapillaarikatko kerros, joka estää kosteuden nousemisen maasta. Epätasainen alapohjien täyttö lisäksi heikentää tuuletusilman kiertoa ryömintätilassa.

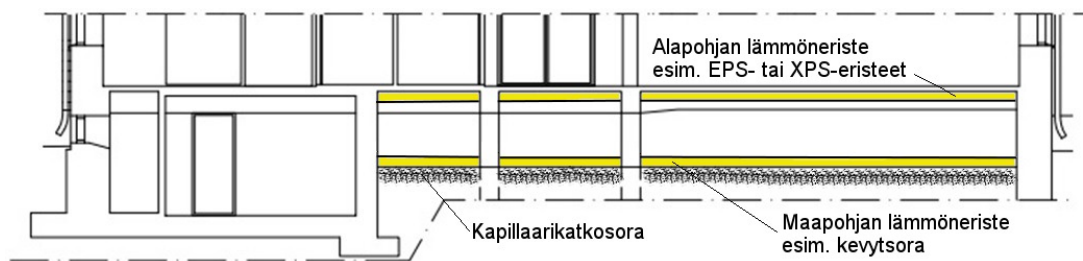


*Kuva 11.14: Valokuva Peltolan E-talon tuulettuvasta alapohjasta. Kuva: Pkky:n arkisto*

Alapohjan tuuletus pienten luukkujen avulla voi olla liian vähäistä, jolloin kosteuden poistuminen alapohjatilasta on ollut huonoa. Tuuletusta voidaan tehostaa, joko koneellisesti tai korjaamalla tuuletusreitit alapohjaan. Maapohjan eristäminen estää tuuletusilman jäähtymisen, jolloin kosteuden siirtyminen tuuletusilman mukana tehostuu. Maapohjan eristämällä estetään myös kosteuden haihtumista maasta alapohjatilaan.

Alapohjarakenteen eristäminen estää lämpöenergian siirtymisen rakennuksen sisältä ryömintätilaan. Eristäminen parantaa rakennuksen energiatehokkuutta ja vähentää mikrobien kasvua ryömintätilassa. Eristeiden asentaminen betonirakennetta vasten tiivistää rakennetta, jolloin rakenne saadaan ilmatiiviimmäksi. Näin estetään rakenteen läpi ja raoista sisäilmaan kulkeutuvat epäpuhtaudet.

Rakenteen korjaamiseksi maapohjasta poistetaan maa-ainesta niin, että kapillaarikerros voidaan toteuttaa sorakerroksella ja maapohjan eristäminen kevytsoralla tai muulla kulutusta kestäväällä eristeellä. Tuuletuksen korjaamiseksi rakennuksen ryömintätilojen tuuletusaukot tulee korjata tarpeen mukaan määräysten mukaisiksi. Tuuletusta voidaan tehostaa joissain tiloissa myös poistoilmapuhaltimilla. Alapohjalaatan eristäminen voidaan toteuttaa EPS- tai XPS-eristeellä, joka asennetaan kiinni laattaan. Rakenteen korjaamisen periaatekuva on esitetty kuvassa 11.15.

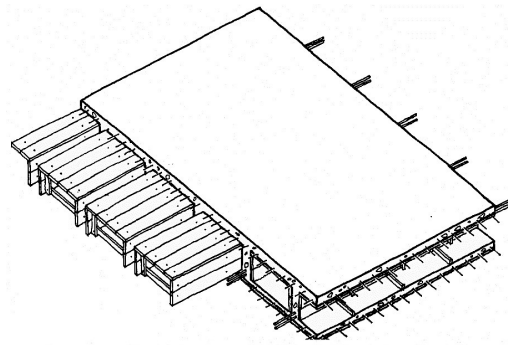


**Kuva 11.15:** Peltolan alapohjan korjauksen periaatekuva. Kuva: Pkky:n arkistokuvaa muokkaamalla.

### 11.2.3 Välipohja

Välipohjat on kannatettu rakennuksen lyhyemmässä suunnassa ulkoseinillä ja pila-reilla. Kuormat on kannatettu ulkoseinän sisemmän kerroksen varaan betonipalkilla, joka on muurattu ulkoseinän sisään. Välipohjana on alalaattapalkisto; tarkemmin Jalmar Castrénin ja Richard Helanderin laatikkokatto. Esimerkkipiirustus rakenteesta kuvassa 11.16(a).





Laatikot on koottu rimoista ja 10 mm:n laudasta. Palkit  $b = 80\text{--}100\text{ mm}$ ,  $kk\ 500\ (750)\text{ mm}$ . Ylälaatta  $60\text{--}80\text{ mm}$ . Alalaatta  $30\text{ mm}$ .

(a)



(b)

**Kuva 11.16:** (a) Esimerkkirakenne välipohjasta. Kuva: Kerrostalot 1880-1940 (b) Valokuva alalaattapalkiston sisältä. Kuva: Peltolan E-talon välipohjan kuntotutkimukset 2007

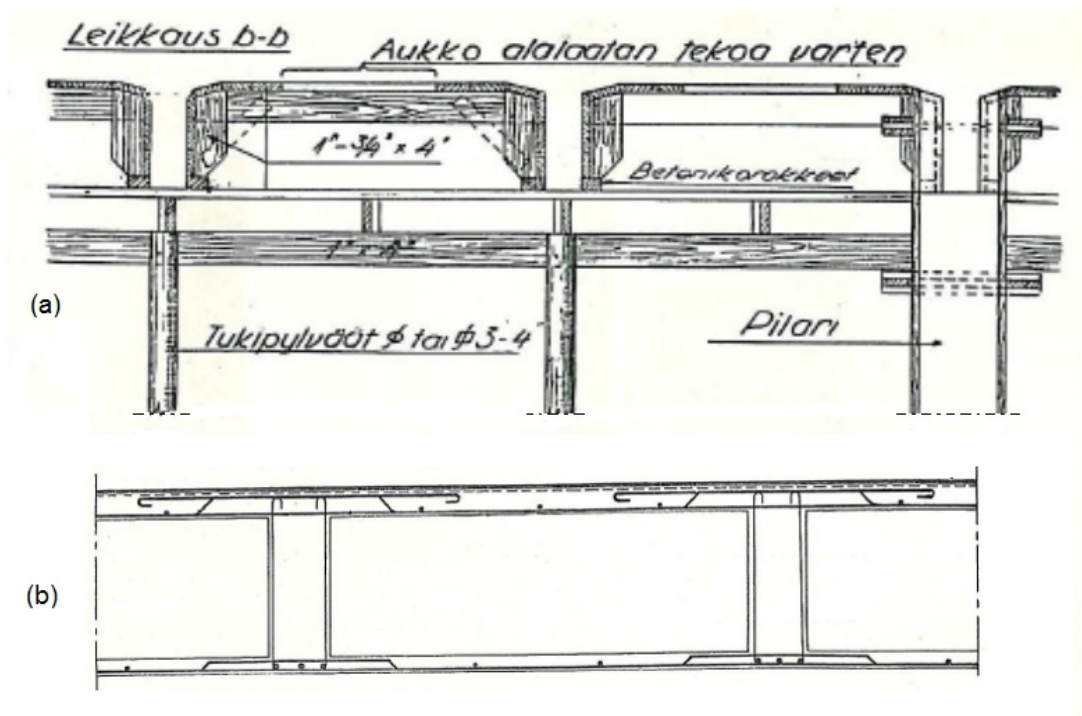
Välipohjien on epäilty aiheuttavan sisäilmaongelmia rakennuksessa, ja asian varmistamiseksi on teetetty sisäilmatutkimus vuonna 2006. Tutkimuksessa on todettu sisäilmassa pieniä pitoisuuksia kosteusperäisiä mikrobeja. Vuonna 2007 välipohjarakenteisiin on tehty kunto- ja rakennetutkimusten yhteydessä rakenneavauksia, joissa on todettu välipohjien onteloissa olevan rakennusaikaiset muottilaudoitukset paikoillaan sekä onteloiden sisältävän myös rakennusjätettä. Tutkimuksissa välipohjan pintalaatan paksuudeksi on todettu 100 mm ja ontelon korkeudeksi noin 350 mm. Alalaatan paksuutta ei ole tarkistettu. Rakenneavauksesta otettu kuva 11.16(b)). Avauksen yhteydessä onteloista on otetuissa tutkimusnäytteet, joista on todettu kosteusvauriomikrobja [32]. Rakennuksessa on 2012 tehty sisäilman mikrobipitoisuuksien seurantamittauksia [13], joiden mukaan kaikkien tutkittujen näytteiden mikrobipitoisuudet ja lajisto olivat tavanomaisella tasolla. Samaisessa tutkimuksessa on todettu, että osa tiloista on alipaineisia koneellisen ilmanvaihdon takia. Tiloihin imeytyy tällöin rakenteista epäpuhtauksia entistä enemmän.

Jouko Alastalo Kaprakan sisäilmakeskuksesta on antanut tehtyjen tutkimusten nojalla ohjeistuksen välipohjan kansirakenteen uusimisesta, muottilaudoituksen purkamisesta ja betonipintojen puhdistuksesta ja desinfioinnista. Rakennuksen yhdessä osassa on tehty ohjeistuksen mukainen ylälaatan purkaminen ja muottilaudoituksen purkaminen. Alipaineistetusta ilmanvaihdosta on suositeltu luopumaan ja kehoitettu tekemään säätöjä ilmanvaihtokoneisiin, ettei välipohjien epäpuhtaudet pääsisi leviämään välipohjien onteloista.

### 11.2.4 Välipohjan korjaaminen

- Välipohjan toiminta ja purkaminen
- Välipohjan purkaminen muottilaudoituksen poistamiseksi
- Välipohjien ilmastoiminen

Välipohjarakenteena on laatikkokatto, toiselta nimeltään kaksilevyholvi, jonka muotitus on esitetty kuvassa 11.17 (a). Rakenne muodostuu kantavasta laatasta ja kantavista palkeista sekä alalaatasta. Rakenteen palkit ja alalaatta on valettu ensin muoteissa olevista aukoista, jonka jälkeen aukko on suljettu ja pintalaatta valettu. Muottilaatikot on jätetty valun sisälle ja ne ovat keränneet kosteutta betonin kuivussa. Rakenteen pintalaatta on puristettuna ja palkkien alareunan rauditus ottaa vastaan vetoa. Alalaatta kannattaa käytännössä vain itsensä eikä sillä ole rakenteen toimintaan vaikutusta.



**Kuva 11.17:** (a) Leikkauskuva välipohjan muotituksesta. (b) Leikkauskuva rakenteen raudoituksesta. Kuvat: Rakenteiden historia -kurssimateriaali [31]

Kuvasta 11.17 (b) nähdään rakenteen raudoitukset, josta havaitaan, että alalaatta on sidottu raudoituksella palkkien vetoraudoitukseen. Rakenteen alalaatan paksuus vaihtelee 30-60 mm ja rakenteen pintalaatta on noin 100 mm. Pintalaatan paksuus on tarkistettu rakenneavauksen yhteydessä kuvassa 11.18(b). Rakenteessa olevan ongelman poistamiseksi välipohja tulisi avata ja ontelot tyhjentää. Purkamisen kannalta paksumpi ylälaatta aiheuttaa enemmän työtä, mutta purkutyö on helpompi

toteuttaa ylälaatalle. Ylälaatan purkaminen vaatii välipohjan kestävyystarkastelun ja tuennan rakenteelle alapuolelta. Alalaatan purkaminen ja onteloiden tyhjentäminen jouduttaisiin tekemään ylöspäin, jolloin tippuvat betoniosat aiheuttavat vaaran purkutyöhön. Alapuolisen purkamisen voi yrittää suorittaa suuremmissa osissa purkurobotilla henkilöstöä vaarantamatta. Onteloiden sisällä oleva rakennusjäte (kuvasa 11.18(a)) sekä mikrobivaurioituneet muottilaudoitukset tuottavat purkutilaan paljon pölyä ja mahdollisesti terveydelle haitallisia pienhiukkasia, jotka eivät saa levitä purkamisen yhteydessä muihin tiloihin.



(a)



(b)

**Kuva 11.18:** (a) Kuva rakenteen sisältä avauskohdasta. (b) Kuva pintalaatasta, joka on mittauksen mukaan noin 100 mm. Kuvat: Peltolan E-talon välipohjan kuntotutkimukset 2007

Laatan purkaminen yläpuolelta on hankalaa laatan paksuudesta johtuen. Liittorakenteen pintalaatta toimii puristettuna, jolloin sen purkaminen laatan keskiosilta on jätettävä purkamatta tai rakenteen tukeminen alapuolelta on suunniteltava. Yläpuolinen purku on helpompi tehdä, mutta sen toteuttaminen vaatii todennäköisesti rakenteen tukemisen alapuolelta, jolloin alapuolinen tila on myös pois käytöstä. Paksumman rakenteen poistamiseen joudutaan käyttämään raskaampaa kalustoa.

Alapuolelta purettu välipohja mahdollistaa uuden kattorakenteen tekemisen ja kiinnittämisen vanhaan rakenteeseen. Alapuolinen laatta voi toimia keskitukien kohdalla puristuslaattana, jolloin alalaattaa ei saa keskitukien läheltä purkaa. Välipohjan yläpuolelta voidaan purkaa pinnoitteet ja asentaa niiden tilalle askelääneneristys sekä uusi lattiapinnoite. Välipohjien betonirakenteet kannattaa tutkia korjauksen yhteydessä mahdollisten betonivaurioiden varalta. Näin voidaan varmistaa paikalleen jäävien betonirakenteiden kunto. Välipohjien korjauksen yhteydessä kannattaa tutkia vesikiertoisen lämmitysjärjestelmän uusiminen ja välipohjan läpivientien korjaus.

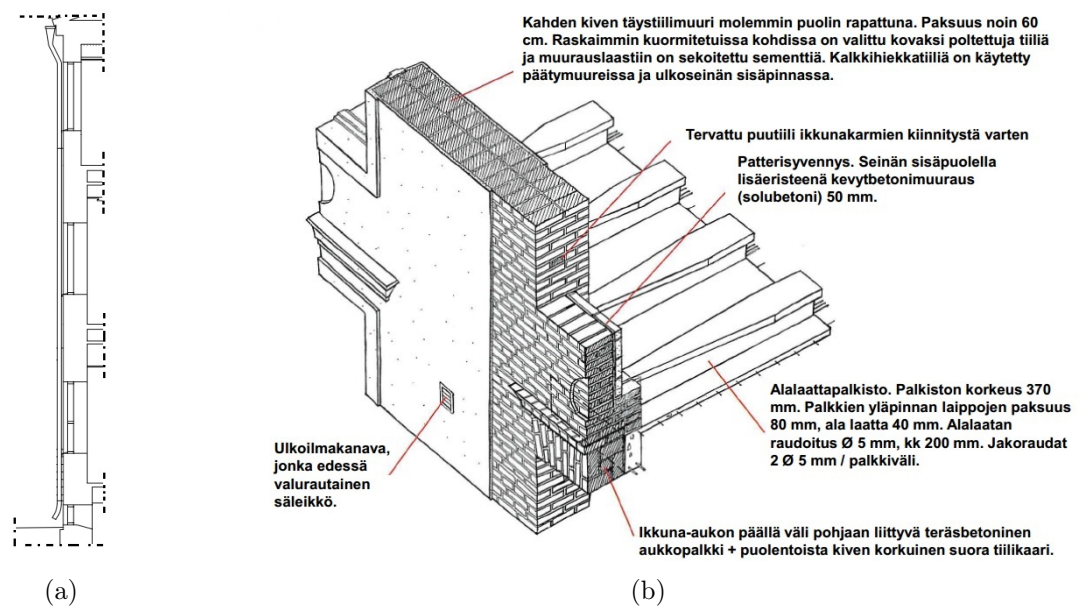
Rakenteen korjaamiseen voidaan harkita myös ontelon alipaineistamista ilmastoinnilla. Välipohjan onteloon porataan poistoputket, joiden avulla ontelo alipaineistetaan ja estetään epäpuhtauksien ja hiukkasten pääseminen onteloista sisätiloihin. Onteloiden alipaineistaminen ei poista ongelmaa, mutta on helpompi ja nopeampi toteuttaa kuin muottilaudoitusten purkaminen. Onteloiden alipaineistuksen putkitukset vievät huonetilaa ja voivat aiheuttaa melua. Uudet ilmastointilaitteet ja ilmastointikanavat vaativat jatkuvaa huoltoa ja lisäävät sähkönkulutusta, jotka aiheuttavat jatkuvia kustannuksia korjauksesta. Riskinä on laitteiston vikaantuminen, jolloin hiukkaset ja epäpuhtaudet voivat mahdollisesti päästä uudestaan luokkatiloihin.

### 11.2.5 Ulkoseinät

Rakennuksen ulkoseinät ovat muuratut, massiiviset kahden tiilen paksuiset tiiliseinät. Seinistä on välipohjien kuntotutkimuksen yhteydessä 2007 otettu poranäyte, josta on todettu sisätiilen paksuudeksi 260 mm ja tiilimuurien välissä olevan 100 mm ilmarako. Oletettavasti myös ulkopuolen tiilimuuuri on yhtä vahva. Rakenteen voidaan hyvin todennäköisesti olettaa olevan kuvan 11.19 kaltainen. Julkisivu on puhtaaksi rapattu ja sisäpinnat ovat tasoitettu ja maalattu tai maalattu suoraan tiilinpintaan. Rakenteen lisälämmöneristäminen olisi yksinkertaisin tapa lisätä rakenteen energiatehokkuutta. Mutta rakenteen muuttaminen ei todennäköisesti onnistu rakennuksen suojelun takia.

Tiiliseinärakenne on melko turvallinen ja riskitön. Muurattujen rakenteiden yleisin turmeltumisilmiö on joko tiilen tai laastin rapautuminen, joka esiintyy pintojen halkeiluna tai palojen irtoamisena seinästä. Kosteusrasitukset tulevat ulkoseinälle sateena ja suurin kosteusrasitus kohdistuu usein korkeiden ja räystäättömien rakennusten yläosaan. Tiilellä on taipumuksena imeä suuri määrä kosteutta itseensä, jolloin rakenteen tulee päästä kuivumaan tehokkaasti. Kuorimuurin takana tulee olla toimiva tuuletusväli, jotta kosteus ei siirry syvemmälle rakenteeseen.

Suojelun takia ulkoseinärakenteelle ei ole oikeastaan tehtävissä mitään energiansäästötoimenpiteitä. Rakenteessa olevan ilmaraon toimivuus kannattaa tutkia, jotta rakenne pääsee kuivumaan tehokkaasti. Massiiviseen tiiliseinään varautuu tehokkaasti lämpöä, joka vapautuu hitaasti. Toisaalta kylminä kuukausina rakenteen läpi katoaa paljon lämpöenergiaa. Sisältä tuleva lämpö kuivattaa myös uloimpia kerroksia, koska välissä ei ole eristekerrosta.



**Kuva 11.19:** (a) Peltolan E-talon ulkoseinän leikkauskuva. Rakennekuvat E-talo. (b) Esi-merkkirakenne 1920-40-luvun 2-tiilen ulkoseinä. Kuva: Kerrostalot 1880-2000 [25]

## 12. OTSOLAN PERUSPARANNUKSEN KUSTANNUKSET

Kappaleessa tarkastellaan Otsolan A-talon korjausta kokonaisuutena ja pyritään arvioimaan sen kustannuksia. Otsolan päärakennuksen rakennepiirustuksista laske-  
tuista tilatiedoista ja pinta-aloista on kerätty taulukko 12.1.

Taulukko 12.1: Otsolan päärakennuksen rakennetyyppien pinta-alat ja kappalemäärät.

Rakenneosa	Rakennetyyppi	Pinta-ala (m <sup>2</sup> )	Kappalemäärä
Ulkoseinä	tiili-villa-tiili	1800	-
Väliseinä	muurattu ulko- tai väliseinä	3200	-
Yläpohja	paikalla valettu tb-laatta	2500	-
Välipohja	paikalla valettu tb-laatta	5000	-
Ikkunat	Ikkuna-aukot; 1200x1400 400x1400	600	345
Ulko-ovet	-	60	23
Väliovet	-	450	219

Korjausrakentamisen kustannukset ovat suhteellisesti uudisrakentamista kalliimmat. Tämä johtuu pienistä suoritemääristä, erikoismittaisista ja poikkeavista asennusmi-  
toista, vaikeista tai epänormaaleista työskentelyolosuhteista ja joissain tapauksissa  
tuotantomenetelmien puutteesta [1]. Tarkkojen yksikkökustannusten arvioiminen on  
yleensä aikaa vaativaa ja työlästä. Kustannusten arvioimiseen tarvitaan luotetta-  
via tietolähteitä ja apuvälineitä. Taulukossa on eriteltynä rakennuksen ulkoseinän,  
väliseinien, välipohjien ja yläpohjan pinta-alat, sekä ikkunoiden ja ovien määrät  
ja arvioidut pinta-alat. Mitattujen pinta-alojen tarkkuus on pyöristetty lähimpään  
100 m<sup>2</sup>, mutta arvot ovat viitteellisiä ja niillä pyritään antamaan käsitys raken-  
nuksen massoista. Suuremmat ikkunat on laskettu 1200x1400 mm<sup>2</sup> aukolla ja pie-  
nemmat 400x1400 mm<sup>2</sup>, vaikka rakennuksesta löytyy muitakin ikkuna-aukkoja.  
Ovet on laskettu käyttäen ulko-ovena 1200x2100 mm<sup>2</sup> aukkoa ja väliovet käyttäen  
900x2100 mm<sup>2</sup> aukkoa. Ikkunoiden ja ovien määrät on laskettu yhden tarkkuudel-  
la. Tarkempi laskentataulukko rakenneosista löytyy liitteestä 4. Taulukkoon 12.1  
kerättyjä pinta-aloja ja kappalemääriä käytetään tässä työssä korjaus- ja purkamis-  
kustannusten arviointiin.

Kustannukset on laskettu materiaalikustannuksista ja työntekijätunneista (tth), eivätkä ne sisällä muita muita työmaakustannuksia, valvontaa tai lupia. Työntekijätunnit on laskettu ilman sosiaalikustannuksia ja muita korvauksia. Kirjoista saadut kustannustiedot on annettu sentin tarkkuudella, mutta laskuissa käytetyt pinta-alat on kymmenen neliön tarkkuudella ja määrät kymmenen tarkkuudella. Rakennusosien kustannukset on kerätty Korjausrakentamisen kustannuksia (KOR) 2012 [3] ja Rakennusosien kustannuksia (ROK) 2010 [2] kirjoista. Kirjoissa esiintyvät työmenekit on kerätty pääosin isoista ja ammattimaisesti toteutetuista rakennuskohteista. Kustannustiedot vastaavat vuoden 2012 tammikuun kustannustasoa ilman arvonlisäveroa. Tilastokeskuksen mukaan rakennuskustannusindeksin kokonaisindeksi (2005=100) oli syyskuussa 2014 123,5 [5]. Kustannuksiin vaikuttaa suhdannetilanne, kertaostojen suuruus, asiakassuhteet, rakennustarvikkeista saadut alennukset, rakennuspaikkakunta ja rakennusolosuhteet. Tarkoituksena on saada karkeaa kustannustietoa vertailua varten, eikä saatu summa ole hankkeen kokonaiskustannus. Korjauksen yhteydessä tehdään paljon muutakin kuin pelkän rakennusosan purkaminen ja uusiminen. Lisäksi tulevat vielä rakennuttajan kustannukset.

## 12.1 Perusparannus

Perusparannuksen tarkoituksena on nostaa rakennuksen laatutasoa alkuperäistä tasoa paremmaksi. Tällä tarkoitetaan rakennuksen toimivuuden, energiatason ja talotekniikan toimintojen parantamista. Perusparannuksen tarkoituksena on pitää rakennus ajanmukaisena ja päivittää jo vanhentuneet järjestelmät uusiin. Tällä pyritään saamaan rakennus viihtyisämmäksi, toimivammaksi ja korjaamaan olemassa olevia vikoja. Otsolan rakennukselle tämä tarkoittaa sisäilmaston parantamista, tilojen muuttamista vastaamaan nykyisiä opetustarpeita, tarpeettoman tilan poistamista ja rakennuksen energiatehokkuuden parantamista.

Taulukko 12.2: Perusparannukseen kuuluvat korjaukset

Rakenneosa	Korjaus	Vaikutus	Yksik- köhint	Koknais- hint
Perusmuuri	Perusmuurin vieressä olevan maan kaivuu ja sepelitäyttö.		163,03 €/jm (KOR)	49900 €
	Lämmöneristeen purkaminen ja lämmöneristämisen ulkopuolelta.	Vaurioituneet eristeet poistetaan ja korvataan uudella, U-arvon (W/m <sup>2</sup> K) 0,64 -> 0,16	67,35 €/m <sup>2</sup> (ROK&KOR)	20600 €
Rakenneosa	Korjaus	Vaikutus	Yksik- köhint	Koknais- hint
Ulkoseinä	Ulkoseinien purkaminen		60,88 €/m <sup>2</sup> (KOR)	107500 €
	Uusi ulkoseinärakenne	Puurakenteinen ulkoseinä 223 + 50 mm U-arvon (W/m <sup>2</sup> K) 0,50 -> 0,17	136,85 €/m <sup>2</sup> (ROK)	241540 €
Yläpohja	Rakenteen purkaminen koko rakennuksesta		11,32 €/m <sup>2</sup> (KOR)	26000 €
	Uusi yläpohjarakenne lämmöneriste 400 mm	U-arvon (W/m <sup>2</sup> K) 0,36 -> 0,09	80,28 €/m <sup>2</sup> (ROK)	152500 €
	Voimistelusalin kohdalle: teräsohutlevy-sandwichelementtiyläpohja 300 mm	Vanhon kattopalkkien päälle asennettuna	90,04 €/m <sup>2</sup> (ROK)	36500 €
Ikkunat	Ikkunan purkaminen 15 x 15 M		21,27 €/kpl (KOR)	7300 €
	Ikkunoiden asentaminen, EK-puuikkuna 12 x 12 M	Energiaa säästävät ikkunat U-arvon (W/m <sup>2</sup> K) 1,8 -> 0,9	133,36 €/kpl (ROK)	46000 €



Taulukko 12.3: Perusparannukseen kuuluvat korjaukset

Väliseinät	Tiiliväliseinän purku piikkaamalla	-	27,84 €/m <sup>2</sup> (KOR)	89400 €
	Huoneistojen välinen kaksinkertainen tiilisei- nä 130 + 130 mm	Koulutiloi- hin sopiva paremmin ääntäeristävä väliseinä	158,58 €/m <sup>2</sup> (ROK)	-
Ilmanvaihto	IV-kanavien uusiminen Keskitetty järjestelmä	Nykyaikainen ilmanvaihto	34,34 €/brm <sup>2</sup> (ROK)	160000 €
	IV-koneet lämmöntal- teenotolla Keskitetty järjestelmä	Lämmöntal- teenoton vuo- sihyötysuhde 0 -> >60 %	5.06 €/brm <sup>2</sup> (ROK)	23400 €

## 12.2 Korjaustoimet ja energiansäästö

Korjaustoiminta ja energiansäästötoimenpiteet ovat sidoksissa toisiinsa niin vahvasti, että niitä käydään läpi samanaikaisesti. Energiansäästötoimenpiteitä kuvataan tässä työssä kannattavuusmallilla, jonka avulla pyritään näyttämään energiansäästötoimenpiteiden vaikutukset helposti ymmärrettävässä muodossa. Kannattavuusmalli on suunniteltu tukemaan ja perustelemaan kannattavia energiansäästötoimenpiteitä päätöksentekoprosessin aikana. Mallin avulla ei voida kuitenkaan poistaa sitä ongelmaa, miten kustannukset jaetaan välttämättömiin ja energiatehokkuutta parantaviin kustannuksiin. Kannattavuusmalli on esitetty Antti Kurvisen ja Juhani Heljon raportissa Lähiökorttelikorjaamisen taloudellisen päätöksenteon kriteeristö, hyvät käytännöt ja toimintamallit, energiansäästötoimenpiteiden kannattavuusmalli. Kannattavuusmallia käytettäessä asetetaan investointiin sijoitetulle pääomalle tuottovaatimus eli vaadittu tuotto. Energiansäästötoimenpiteiden yhteydessä käytetään tuottovaatimuksena reaalista korkoa eli korkoa, josta on poistettu inflaation vaikutus. Tuottovaatimuksen alarajana kannattaa pitää sitä korkotasoa, jolla investoinnin pääoma saadaan lainattua pääomamarkkinoilta. Energiansäästötoimenpiteitä tutkiessa on tärkeää ottaa huomioon muitakin lähtökohtia kuin pelkästään rahallinen tuotto ja laskentakorko. Arvo- ja viihtyisyystekijät, joita on taulukossa 3.1, tulee myös huomioida investoinnin yhteydessä. Kannattavuusmallia käytettäessä energiatoimenpiteistä lasketut säästöt energiankulutuksen kustannuksissa on diskontattu eli tulevat rahavirrat on tehty keskenään vertailukelpoisiksi nykyhetkeen ja laskettu yhteen. Tällöin voidaan vertailla tulevia säästöjä ja nykyistä investointia keskenään. Sisäisen koron avulla voidaan vertailla toimenpiteiden kannattavuutta asetettuun tuottovaatimukseen. Sisäinen korko ilmoittaa sen korkokannan, jolla diskontattuna toimenpiteellä käyttöiän aikana saavutettavat energian kustannussäästöt ovat yhteensä yhtä suuret kuin toimenpiteen investointikustannus. Mitä suurempi sisäinen korko on, sitä kannattavampi toimenpide on. [11]

Energiansäästötoimenpiteiden käyttöiät eroavat usein toisistaan ja toimenpiteiden sisäinen korko riippuu käyttöiästä. Jotta toimenpiteet olisivat vertailukelpoisia keskenään, täytyy niille määrittää keskimääräinen käyttöikä laskemalla energiansäästötoimenpiteistä investointikustannuksella painotettu keskiarvo. Painotetun keskiarvon käyttäminen ei aiheuta tarkasteluihin merkittävää virhettä, kun käyttöiät ovat vähintään 20 vuotta. Mallissa luodaan kuvaaja, johon vaaka-akselille asetetaan nykyhetkessä oleva investoinnin lisäkustannus [ $\text{€}/\text{brm}^2$ ] ja pystyakselille vuotuinen energiansäästö [ $\text{€}/\text{brm}^2, \text{a}$ ], kun kyseinen toimenpide on tehty. Kuvaajalta voidaan arvioida kyseisen toimenpiteen kannattavuutta vertailemalla päätepisteen sijaintia tai kannattavuuskuvaajan kaltevuutta sisäisen koron viivoihin. Mitä korkeammalle

kuvaaja nousee, sitä suuremmat säästöt sillä saavutetaan. Mitä enemmän oikealle kuvaaja menee, sitä enemmän saavutetun säästön toteuttaminen maksaa. [11]

Otsolan A-rakennuksen energiansäästötoimenpiteistä on tehty kaksi kuvaajaa. Ensimmäisessä kuvaajassa 12.2 jokainen toimenpide on kuvattu omana viivanaan. Tästä voidaan arvioida kunkin toimenpiteen kannattavuutta yksinään. Toisessa kuvaajassa 12.3 kaikista toimenpiteistä on tehty yhdessä toteutettava kokonaisuus, jolla säästöjä ja investoinnin suuruutta kuvataan. Yhdistetyllä kuvaajalla esitetään koko projektin tuottavuus toimenpiteiden keskiarvoisella pitoajalla. Energian hinta on kannattavuustarkastelussa tärkeää. Sen tarkka arviointi voi olla kuitenkin tulevaisuuden kannalta vaikeaa, koska energian hinnan kehitys voi tulevaisuudessa olla keskimääräistä inflaatiota enemmän. Kannattavuusmallissa energian hintana on käytetty 0,09 €/kWh. Kuvaajat on esitettyinä rakennusosille tehtyjen korjausten energia laskelmien jälkeen sivulla 64.

Taulukoissa 12.2 ja 12.3 on listattuna rakenneosille suositeltavat toimenpiteet, niiden yksikköhinnat [€/yksikkö] ja ne on kerrottu taulukosta 12.1 löytyvillä pinta-aloilla, kappalemäärillä ja bruttoneliöillä. Taulukon toimenpiteistä on koostettu taulukko, josta käy ilmi rakennusosan korjauksen kustannukset ja korjauksen tuoma energiansäästö.

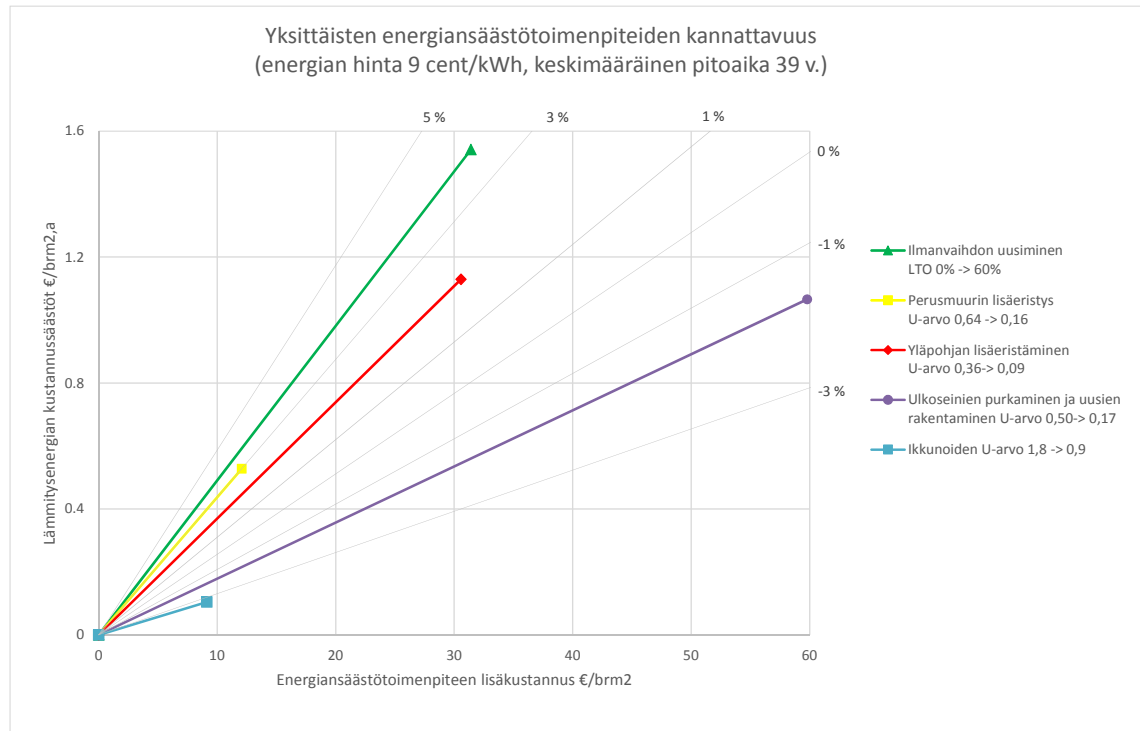
Toimenpide	U-arvon muutos W/m <sup>2</sup> K	Kustannusarvio €	Lisäkustannus €/brm <sup>2</sup>	Energiansäästö kWh/a	Korjattavaa m <sup>2</sup>	Pitoaika a
Perusmuurin lisäeristys U-arvo 0,64 -> 0,16	0.48	70500	12.08	34230	600	50
Ulkoseinien purkaminen ja uusien rakentaminen U-arvo 0,50 -> 0,17	0.33	349040	59.79	69145	1765	50
Yläpohjan lisäeristäminen U-arvo 0,36 -> 0,09	0.27	178500	30.58	73262	2300	30
Ikkunoiden U-arvo 1,8 -> 0,9	0.09	53300	9.13	6771	629	50
Ilmanvaihdon uusiminen LTO 0% -> 60%		183400	31.41	100000	5838	20

*Kuva 12.1: Korjaustoimenpiteiden kustannukset ja vuosisäästöt*

### 12.2.1 Yhteenveto

Tehtyihin energiansäästölaskelmiin ei ole otettu huomioon ilmanvaihtoa, ilmatii-  
viyttä tai lämpökuormia, jotka vaihtelevat sääolosuhteiden mukaan. Laskennassa  
on käytetty keskimääräistä vuosien 1981- 2010 Joensuun lämmitystarvelukua S17,  
joka on 4 984 °Cv<sub>rk</sub>. Lisäeristyksellä saadaan energiansäästöjä noin 35 kWh/m<sup>2</sup>  
vuodessa. Korjauksen arvioidut yhteiskustannukset olisivat rakenteiden osalta noin  
900 000 €. Arvioon on huomioitu vain työ- ja materiaalikustannukset. Summaan voi  
lisätä purkamisen kustannukset 350 000 € liitteen 4 taulukon 2 mukaisesti. Liitteestä

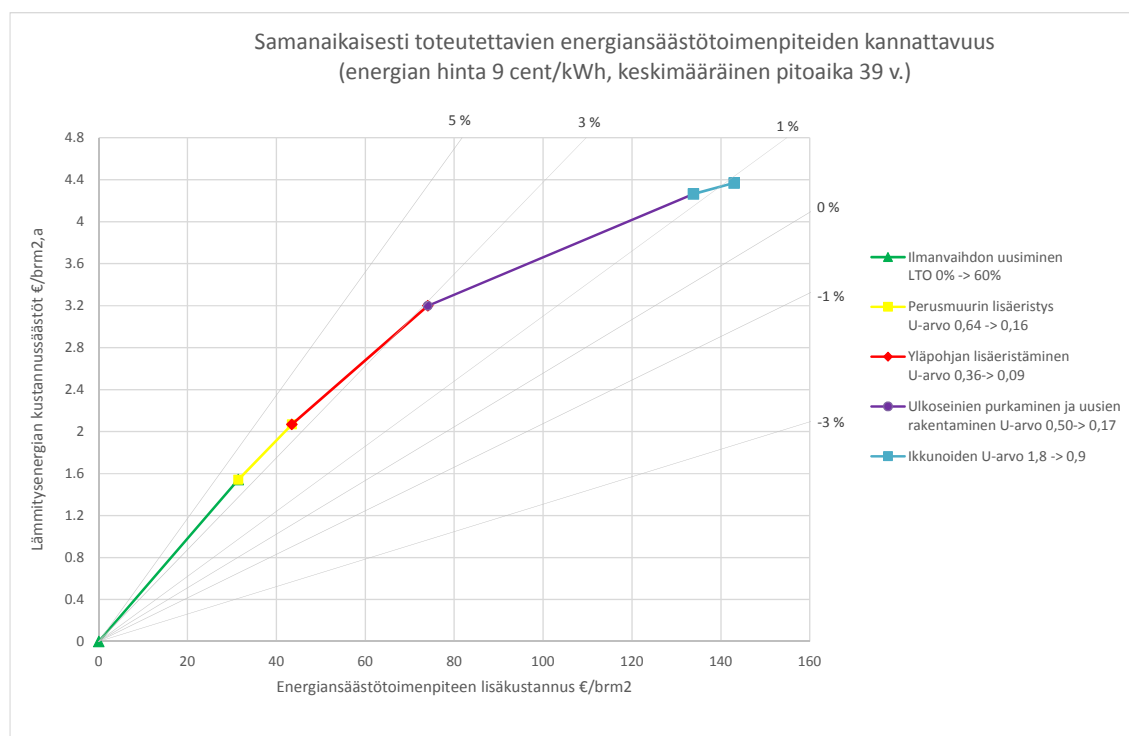
7 löytyvästä energiansäästötoimenpiteestä saadaan korjauksen tuottamaksi vuosittaiseksi energiansäästökseksi noin 26 000 €.



**Kuva 12.2:** Yksittäisten energiansäästötoimenpiteiden kannattavuus

Yksittäisiä energiansäästötoimenpiteitä tarkasteltaessa voidaan arvioida, ettei ikkunoiden ja ulkoseinien korjaamisella saavuteta investointiin sijoitetulle pääomalle lainkaan tuottoa tarkasteltavalla 43 vuoden pitoajalla. Näiden korjausten tekeminen on kuitenkin suositeltavaa, koska ne parantavat rakennuksen viihtyisyyttä ja sisäilmastoa nykyisestä huomattavasti.

Kokonaisuutena arvioituna rakennuksen energiansäästötoimenpiteet tuottavat 43 vuoden pitoaikana marginaalisesti positiivisen tuoton pääomasijoitukselle. Laskelmissa rakennusosille ei ole laskettu lainkaan ylläpitävää huoltoa, vaan investointikustannuksia on pienennetty vuosittain vain saaduilla energiansäästöillä. Tämä on tehty siksi, ettei tehtäviä huoltotoimenpiteitä voida arvioida kovin luotettavasti. Siksi kuvaajat tuottavat hieman liian positiivisen tuloksen energiansäästötoimenpiteiden tuottavuudesta. Kun huomioidaan myös, että rakennuksen rakenneosien pintaaloja, tilavuuksia sekä kappalemääriä on arvioitu ja pyöristetty, ovat saadut tulokset suuntaa antavia.



**Kuva 12.3:** Energiansäästötoimenpidekokonaisuuden kannattavuus

## 13. PURKAMISEN VAIKUTUKSET JA KUSTANNUKSET

Rakennusten purkaminen täytyy aina suunnitella ja toteuttaa turvallisesti. Jos Otsolan A-talo tullaan purkamaan, on purku suoritettava pääosin paikalla. Rakenuksessa ei ole lainkaan elementtiosia, joita voitaisiin poistaa osissa ja purkaa muualla. Rakennuksen lopullinen purkumenetelmä määräytyy ongelmajätekartoituksen jälkeen, jolloin tiedetään millaisia menetelmiä kunkin rakenneosan kanssa voidaan käyttää. Purkutyö tulee suunnitella niin, että purkaminen voidaan toteuttaa turvallisesti ja asianmukaisten lupien mukaan. Purkamisvaiheessa syntyviä riskejä tulee vähentää perusteellisella suunnittelulla mahdollisimman paljon. Koska kyseisessä purkukohhteessa on kyseessä suuret purkumäärät, käytettävän kalustona suuret koneet, rakennuksen läheisyydessä useita rakennuksia ja rakennus sijaitsee vilkkaalla alueella, tulee purkaminen toteuttaa huolellisesti. Rakennus voidaan purkaa kokonaisuudessaan myös kaivinkoneiden purkukauhoilla, piikkaamalla ja purkusaksilla, jolloin työ nopeutuu huomattavasti.

Osassa Otsolan ulkoseinä- ja sokkelirakenteita on havaittu kuntotutkimuksissa mikrobivaurioituneita eristemateriaaleja. Näiden materiaalien purkamisen yhteydessä voi rakenteesta vapautua ilmaan lisää mikrobeja ja terveydelle haitallisia aineita. Tämän estämiseksi purkutyöt joudutaan mikrobivaurioituneiden eristeiden osalta tekemään vaarallisten aineiden purkamisena. Purkutyössä voidaan käyttää kohdepoistoja ja lisäksi purettava osa täytyy eristää muista tiloista niin, etteivät epäpuhtaudet pääse leviämään muihin tiloihin.

Purettavien rakenteiden kustannuksia on kerätty liitteen 4 taulukkoon 2, purkamiskustannuksiksi on saatu noin 350 000 euroa. Arvioituihin kustannuksiin on laskettu vain rakenteiden purkaminen ja siirto.

## 14. JOHTOPÄÄTÖKSET

Diplomityön aiheena oli tutkia kahden Joensuussa sijaitsevan, tällä hetkellä Pohjois-Karjalan ammattiopiston tiloina toimivan rakennuksen ongelmia. Kummassakin rakennuksessa oli todettu kyselyiden perusteella puutteita rakennuksen sisäilmassa. Rakennuksiin on toteutettu huomioiden jälkeen sisäilmatutkimuksia.

Tarkoituksena oli selvittää mahdollisia syitä sisäilmaongelmiin ja tutkia millaisia korjauksia rakennuksiin tulisi toteuttaa. Saadun pohjatiedon perusteella rakennuksista tehtiin rakennetutkimusta ja sisäilmatutkimusraporttien avulla etsittiin mahdollisia vikoja rakenteista. Työssä esitettiin rakennusten kuntoarvion tekemistä ja annettiin ohjeita sen teettämiseksi. Kuntoarvioihin liittyy vahvasti myös energia-katselmukset, jonka teettämistä ohjeistettiin myös. Arvioiden perusteella voidaan täydentää tai tehdä rakennuksen kiinteistönhoitoon olennaisena osana liittyvä pitkäntähtäimen suunnitelma ja suunnitella huomattujen sisäilmaongelmien korjausta. Korjauksen yhteydessä vanhoille rakennuksille on kannattavaa tehdä mahdollisia energiansäästötoimenpiteitä, joilla parannetaan rakennuksen energiankulutusta ja voidaan parantaa huomattavasti tilojen viihtyisyyttä. Energiansäästötoimenpiteiden toteuttamisen oikea aika on muiden korjaustoimien yhteydessä. Lisäeristäminen korjaustoimien yhteydessä aiheuttaa kustannuksiin vain pienen lisäyksen.

Diplomityössä otetaan kantaa myös korjaushankkeen kulkuun ja esitetään kustannusten määräytyminen rakennushankkeen yhteydessä. Samalla pyritään osoittamaan, kuinka pitkäntähtäimensuunnitelmia, tehtyjä kuntoarvioita ja muutosehdotuksia tulisi käyttää aikaisessa vaiheessa hyväksi suunniteltaessa rakennuksen perusparannusta ja sen yhteydessä tehtäviä korjaus- ja muutostöitä. Korjaushankkeen kulusta on esiteltynä korjausohjelma, tarveselvitys ja hankesuunnitelma. Niistä on pyritty tuomaan esille tärkeitä osia rakennuksen korjaushankkeen toteuttamisessa, kuten rakennuksen ennakkosuunnittelu ja päätösten vaikutusten ulottuminen 10-20 vuoden päähän.

Pohjois-Karjalan koulutuskuntayhtymän Otsolan A-talon ja Peltolan E-talon rakennosien kuntoa on tutkittu tehtyjen kuntotutkimusten kautta ja pyritty esittämään rakenteille oikeat korjausehdotukset.

## 14.1 Otsolan A-talo

Otsolan rakennuksen sisäilmaongelmiin on useita syitä, joita on yritetty ratkaista siinä onnistumatta. Rakennuksessa olleita toimintoja on siirretty toisiin rakennuksiin, jolloin A-talon opetustilat ovat jääneet vähäiselle käytölle. Pohjois-Karjalan koulutuskuntayhtymän tekniseltä johtajalta Esko Tahvanaiselta saadun sähköpostin mukaan "Vaikka työt on tehty kaikki riskitekijät kartoittaen ja korjaukset tehty sisäilma-asiantuntijoiden ohjeiden mukaan. Oireilua ei ole saatu loppumaan, asiantuntemusta ei ole kaikkiiin sisäilmakorjausten hoitamiseen niin, että kaikki riskitekijät löydettäisiin, korjaukset tehtäisiin oikein ja luotettavasti sekä oireilut loppuisivat. Toinen tekijä tässä Tulliportinkadun tapauksessa on se, ettei niin suurta päärakennusta enää tarvita, rakennuksessa on liikaa tilaa tämän hetken tilanteeseen nähden." [33] Joten Pkky on päättänyt purkaa rakennuksen. Tahvanaisen mukaan purkamisesta on saatu hyviä kokemuksia muissa kohteissa, joka edisti purkamispäätöstä.

Rakennuksessa toimivalla ruokalalla ja keittiöllä sekä liikuntatiloilla on selkeästi paljon käyttöä. Mutta muuten rakennus on toisen kerroksen toimistotiloja lukuunottamatta käyttämättömänä. Rakennetutkimuksen mukaan sisäilmaongelmat johtuvat suureksi osaksi ulkoseinä- ja sokkelirakenteiden mikrobivaurioituneesta eristekerroksesta sisäilmaan pääsevistä epäpuhtauksista. Ulkoseinien huono ilmanpitävyys ja ikkunoiden vuotaminen ovat lisänneet ongelmaa. Lisäksi rakennuksen ilmanvaihdossa on havaittu puutteita. Ilmanvaihtokanavat ovat olleet likaisia ja koneiden suodattimet ovat olleet vanhoja, jolloin ilmanvaihdon mukana epäpuhtaudet ovat päässeet leviämään rakennuksessa. Rakennusta ei ole missään vaiheessa lisälämmöneristetty eikä ikkunoita ole uusittu, eikä jälkiasennuksena tehdyissä ilmanvaihtojärjestelmissä ole lämmöntalteenottoa. Rakennuksen vaipan läpi, ikkunoista ja poistoilman mukana rakennuksesta poistuu paljon lämpöä, mikä ilmenee tiloissa vetona ja viileyden tunteena. Ulkoseinistä on lisäksi todettu lämpövuotoja välipohjan reunapalkin kohdasta, jonka kohdalla ulkoseinässä ei ole lainkaan eristettä. Pääosa rakennuksessa olevista ongelmista tutkimuksen mukaan aiheutuu siis ulkoseinissä olevista rakenteellisista vioista, rakenteen turmeltumisesta ja pitkästä iästä. Osa vioista olisi voitu korjata uusimalla ulkoseinärakenteet.

Rakennus tarvitsee siis perusteellisen korjauksen perusparannuksen muodossa tai siitä voidaan luopua. Rakennus on ollut olemassa jo lähes 50 vuotta eikä sille ole tehty yhtään kokonaisvaltaista perusparannusta. Rakennuksen korjaaminen tässä vaiheessa tarkoittaa sitä, että se joudutaan purkamaan melkein kokonaan runkorakenteita myöden ja uusimaan. Paremmaksi vaihtoehdoksi käy rakennuksen purkamisen kokonaan. Rakennuksen purkamiseen on siis olemassa todella hyvät perusteet.



Rakennuksessa on tällä hetkellä tärkeitä toimintoja ja ne täytyy kuitenkin korvata tulevaisuudessa. Rakennuksesta löytyy koulualueen väestönsuojat, alueen ainoa opiskelijaruokala ja liikuntatilat. Nämä tilat on joka tapauksessa korvattava uusilla tulevaisuudessa, koska niillä on korkea käyttöaste jo nyt. Väestönsuojien korvaaminen on näistä tiloista kaikkein hankalinta, jos tiloja ei voida väliaikaisesti häivittää. Seuraavaksi alueelta täytyy selvittää kuinka väestönsuojien säästäminen tai uusiminen onnistuu, ja kuinka toteuttaa ruokala- ja liikuntapalvelut alueella purkamisen ja uuden rakennuksen rakentamisaikana. Lisäksi alueelle jää Joensuun kaupungin muuntaja, joka näillä näkymin tullaan säilyttämään.

Säilytettävälle muuntajalle rakennuksessa tulee suorittaa tutkimuksia. Diplomityössä on esitetty korjausehdotus rakennukselle, jossa vain rakennuksen kantava runko olisi jätetty purkamatta. Vertailuna rakennuksen purkamisen ja uuden rakentamisen välillä, jos kaikki tarvittavat toiminnot olisi saatu mahduttettua nykyiseen runkoon, ei perustus- ja runkotöitä olisi tarvinnut tehdä. Toisaalta kokonaan uuden rakentamisella voidaan varmistua myös rakennuksen alapohjan kunnollisesta toiminnasta. Vapautuva tila olisi mahdollistanut tiloihin ulkopuolisten asiakkaiden tulemisen ja tilat olisi voitu korjauksen yhteydessä suunnitella tulevia asiakkaita varten. Korjauksen valitseminen purkamisen sijasta mahdollistaa myös rakenteille lievemät U-arvojen vaatimukset. Korjattavassa rakenteessa ei tarvitse välttämättä päästä nykyvaatimusten tasolle, vaan korjaukseen riittää 0,5 kertaa nykyinen U-arvo [41]. Tämä mahdollistaisi joissain tapauksissa lievennyksiä korjausrakennuksen tiukkoihin U-arvoihin.

Otsolan A-talon purkamisen jälkeen tilalle rakennettavaan rakennukseen tulee huomioida tällä hetkellä tarpeelliset tilat ja tehdä rakennus sen perusteella. Nykyisestä A-talosta kannattaa muistaa toimivia ratkaisuja ja kehittää niitä. Sekä korvata tarpeettomat tilat uusilla niiden tulevien tarpeiden mukaan. Uuteen rakennukseen voidaan ottaa muitakin toimijoita eikä vain suunnitella sitä Pohjois-Karjalan koulutuskuntayhtymän toimintojen kannalta. Otsolan koulualue sijaitsee lähellä Joensuun keskustaa ja siitä on hyvät yhteydet, jolloin tiloilla saattaa olla muitakin halukkaita käyttäjiä.

## 14.2 Peltolan E-talo

Peltolan E-talon ongelmat alapohjien osalta ovat samoja kuin Otsolan rakennuksessa. Ryömintätilallisissa tuulettuvissa alapohjissa on mahdollisuus kehittyä mikrobikasvustoa. Ryömintätilojen maaperä on hyvin kapillaarista ja sieltä puuttuu tarvittava lämmöneristys, jolloin rakennuksesta pääsee maaperään lämpöä, joka nostattaa kosteutta ryömintätilaan. Rakennuksesta ryömintätilaan karkaava lämpö lisäksi edis-

tää mikrobien kasvua tilassa. Alapohjista epäpuhtaudet pääsevät tiloihin vuotokoh-  
tien kautta. Alapohjan lämmöneristämisen hyödyt eivät olisi vain energiansäästössä.

Välipohjien sisällä olevat rakennusaikaiset muottilaudoitukset toimivat myös mikro-  
bien kasvualustana ja aiheuttavat näin sisäilmaan epäpuhtauksia. Muottilaudoitus-  
ten poistaminen on rakennuksen jatkoon kannalta parempi vaihtoehto. Purkamisen  
poistaa muottilaudoituksista tulevan ongelman kokonaan, jolloin siitä ei aiheudu jat-  
kotoimenpiteitä tai huoltotöitä tulevaisuudessa. Purkamisen muuttaa rakennuksen  
välipohjien ulkonäköä alapuolelta, mikä on korvattavissa tietenkin rakenteen alaka-  
ton rakenteilla. Alakaton purkamisen on myös suurempi rakennustoimenpide kuin  
ilmastoinnin asentaminen alapohjiin. Purkamisessa myös kustannukset ovat suurem-  
mat ilmastoinnin rakentamiseen verrattuna, mutta työ ei aiheuta jatkokustannuksia  
tai ylimääräistä huoltoa. Onteloiden ilmastoiminen aiheuttaa tulevaisuudessa kus-  
tannuksia, jos niitä joudutaan korjaamaan myöhemmin. Tällaista vaihtoehtoa ei voi  
suositella lopulliseksi ratkaisuksi ongelman poistamiseen. Ilmastoiminen ei estä mik-  
robien kasvua rakenteissa, joten rakenteesta voi päästä epäpuhtauksia myös jatkossa  
sisäilmaan. Vaikka onteloiden poistoilmastointi tehtäisiin tiiviiksi ja onteloiden pois-  
toilmamäärät saataisiin oikeaksi, joudutaan sisäilman epäpuhtauksia tarkkailemaan,  
että mahdolliset vuodot tulee huomattua. Onteloiden alipaineistaminen ei poista on-  
gelmaa, vaan pyrkii vähentämään niitä. Onteloiden ilmastoinnin toteutus on selkeäs-  
ti alakaton purkamista edullisempi vaihtoehto. Toisaalta alipaineistuksen toteutus  
tuo lisää energiankulutusta, kun poistoilmamääriä ja ilmastointikoneita täytyy li-  
sätä. Myös lämmitysenergian kulutus lisääntyy, kun rakennuksesta poistettavat il-  
mamäärät kasvavat. Lisäksi järjestelmän putkitukset vievät huonetilaa katosta ja  
voivat lisätä huoneiden äänitasoa ilmastoinnista syntyvällä kohinalla.

Kokonaisuudessaan Peltolan E-rakennuksen väli- ja alapohjien kunnostus tulee yh-  
dessä parantamaan rakennuksen ilmanlaatua. On myös mahdollista, että rakenteis-  
sa, kuten ulkoseinissä tai yläpohjassa, on jokin sisäilmaan vaikuttava tekijä, jota  
ei ole vielä tunnistettu. Rakennuksen iän ja rakenteiden kunnon huomioon ottaen  
rakenteisiin kannattaa suorittaa myös rakennustekniikan, talotekniikan ja terveyste-  
kniikan ammattilaisen tekemiä kuntoarvioita, joiden suositusten perusteella rakennuk-  
seen tehdään kuntotutkimuksia ennen rakenteen lopullista korjaustyötä. Diplomi-  
työn liitteessä 1 olevan listan perusteella kuntoarvioon voidaan kerätä tarvittavaa  
lähtöaineistoa jolloin kuntotutkimuksen tekeminen voi nopeutua. Lisäksi tätä diplo-  
mityötä voi käyttää osittain apuna rakenteiden toiminnan selvittämiseen Peltolan  
E-rakennukselle.

## LÄHTEET

- [1] *Korjaushankkeen kustannukset*. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL, Helsinki, 1993.
- [2] Rakennusosien kustannuksia, 2010.
- [3] *Korjausrakentamisen kustannuksia*. Rakennustieto Oy, Helsinki, 2012.
- [4] Liike- ja palvelukiinteistön kuntoarvio. Kuntoarvioijan ohje. Ohjeet RT 18-11086, Rakennustietosäätiö RTS, 2012.
- [5] *Rakennuskustannusindeksi*. Suomen virallinen tilasto (SVT), Tilastokeskus, Syyskuu 2014. [Verkkojulkaisu] Liitetaulukko 9. Rakennuskustannusindeksi 2005=100[viitattu 27.10.2014]. Saatavissa: [http://www.stat.fi/til/rki/2014/09/rki\\_2014\\_09\\_2014-10-15\\_tau\\_010\\_fi.html](http://www.stat.fi/til/rki/2014/09/rki_2014_09_2014-10-15_tau_010_fi.html).
- [6] Irma Ilomäki. *Opettajien ääneen liittyvä työhyvinvointi ja äänikoulutuksen vaikutukset*. Tampere University Press, Helsinki, 2008. [verkkokirja][viitattu: 5.10.2014]. Saatavissa: <http://urn.fi/urn:isbn:978-951-44-7553-5>.
- [7] Mikko Kylliäinen, Valtteri Hongisto ja Heikki Helimäki. *Rakennusten akustinen suunnittelu : oppilaitokset, auditoriot, liikuntatilat, kirjastot*. Suomen rakennusinsinöörien liitto, Helsinki, 2007. Kirjoittajat: Mikko Kylliäinen, Valtteri Hongisto ja Heikki Helimäki.
- [8] Juhani Heljo ja Jaakko Vihola. *Energiansäästömahdollisuudet rakennuskannan korjaustoiminnassa*. Tampereen teknillinen yliopisto, Tampere, 2012.
- [9] Markku Rantama, Jyri Nieminen, Jari Palonen, Ilpo Kouhia, Mauri Marttila, Petri Pyly ja Jari Virta. *Kerrostalon ilmastomuutos, energiatalous ja sisäilmasto kuntoon KIMU; Projektin yhteenveto*. 2011. [WWW][viitattu 11.12.2014]. Saatavissa: <http://www.teeparannus.fi/attachments/2011-10-24T20-16-3314846.pdf>.
- [10] Mika Paljakka ja Juha Montonen. *50 vuotta ammattikoulutusta Pohjois-Karjalassa*. Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä, 1996.
- [11] Antti Kurvinen ja Juhani Heljo. *EVAKO-Lähiökorttelikorjaamisen taloudellisen päätöksenteon kriteeristö, Hyvät käytännöt ja toimintamallit, energiansäästötoimenpiteiden kannattavuusmalli*. Tampereen teknillinen yliopisto, 2011. [WWW][viitattu 4.11.2014]. Saatavissa: [http://www.tut.fi/ee/Materiaali/Evako/Ideapankki\\_kannattavuusmalli\\_2011\\_05\\_03.pdf](http://www.tut.fi/ee/Materiaali/Evako/Ideapankki_kannattavuusmalli_2011_05_03.pdf).

- [12] Jouko Alastalo ja Jukka-Pekka Kärki. *Ammattiopisto Otsola A-talo, Yhteenve-to kiinteistössä vuosina 2005-2010 tehdyistä kuntotutkimuksista ja sisäilmasel-vityksistä*. Suomen Sisäilmakeskus Oy, 2010.
- [13] Jouko Alastalo ja Jukka-Pekka Kärki. *Peltolan E-talossa vuonna 2012 tehty-jen sisäilmatutkimusten yhteenve-to ja toimenpideesitykset sisäilma-altisteiden vähentämiseksi*. Suomen Sisäilmakeskus Oy, 2012.
- [14] Auli Pirinen ja Markku Salminen. *Asuinkerrostalon kuntoarvion perusmalli*. Asuntohallitus, tutkimus- ja suunnitteluosasto, Helsinki, 1993.
- [15] Markku Lappalainen ja Mina Jokivirta. *Kerrostalon peruskorjaus : suunnittelu ja toteutus taloyhtiössäni*. Rakennustieto, Helsinki, 2011.
- [16] Erja Reinikainen ja Teppo Salmikivi. *Liike- ja palvelurakennusten kuntoarvio*. Ympäristöministeriö, Helsinki, 1998. Sarjan ryhmittelynimeke: Rakentaminen.
- [17] Työterveyslaitos: Katja Tähtinen, Sanna Lappalainen, Eero Palomäki, Sari Rautio-Laine, Marjut Reiman, Helsingin kaupunki, Senaatti-kiinteistöt, Sipoon kunta, Suomen Sisäilmakeskus Oy ja Vahanen Oy. *Tilaajan ohje sisäilmasto-ongelman selvittämiseen*. Työterveyslaitos. [WWW][viitattu 8.12.2014]. Saata-vissa: [http://www.ttl.fi/fi/tyoymparisto/sisailma\\_ja\\_sisaymparisto/Documents/TTL\\_Tilaajaohje\\_8\\_Lores.pdf](http://www.ttl.fi/fi/tyoymparisto/sisailma_ja_sisaymparisto/Documents/TTL_Tilaajaohje_8_Lores.pdf).
- [18] Hannu Kauranen. *Kerrostalon purkaminen : menetelmät - kustannukset - tur-vallisuus - hyötykäyttö*. Rakennusteollisuuden keskusliitto, Helsinki, 2001.
- [19] Pohjois-Karjalan koulutuskuntayhtymä. *Pkky.fi -verkkosivut*. [WWW][viitattu 11.11.2014]. Saatavissa: <http://www.pkky.fi/pkky>.
- [20] Marko Kuuskorpi. *Tulevaisuuden fyysinen oppimisympäristö. Käyttäjälähtöi-nen muunneltava ja joustava opetustila*. 2012. [WWW][viitattu 21.11.2014]. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-29-4956-4>.
- [21] Mikko Kylliäinen. *Talonrakentamisen akustiikka*. Tampereen teknilli-nen yliopisto, Tampere, 2006. [WWW][viitattu 11.12.2014]. Saatavissa: [https://dspace.cc.tut.fi/dpub/bitstream/handle/123456789/22136/kylliainen\\_talonrakentamisen\\_akustiikka.pdf?sequence=1](https://dspace.cc.tut.fi/dpub/bitstream/handle/123456789/22136/kylliainen_talonrakentamisen_akustiikka.pdf?sequence=1).
- [22] Virpi Leivo. *Opas kosteusongelmiin : rakennustekninen, mikrobiologinen ja lää-ketieteellinen näkökulma*. Tampereen teknillinen korkeakoulu, Tampere, 1998.
- [23] Erkki Mäkiö. *Kerrostalot 1960-1975*. Rakennustietosäätiö, Helsinki, 1994.

- [24] Leevi Myyryläinen. *Elinkaariajattelu kiinteistönpidossa*. Kiinteistöalan kustannus, Helsinki, 2. uud. p. edition, 2008. Edellinen painos nimellä Kiinteistön kunnossapidon ja elinkaaren hallinta.
- [25] Petri Neuvonen. *Kerrostalot 1880-2000 : arkkitehtuuri, rakennustekniikka, korjaaminen*. Rakennustieto, Helsinki, 2006.
- [26] Opetushallitus. *Opetushallituksen verkkosivut, Ohjeita koulutuksen järjestämiseen*. [WWW][viitattu 11.11.2014]. Saatavissa: [http://www.oph.fi/saadokset\\_ja\\_ohjeet/ohjeita\\_koulutuksen\\_jarjestamiseen/oppilaitoksen\\_tilat\\_ja\\_rakentaminen](http://www.oph.fi/saadokset_ja_ohjeet/ohjeita_koulutuksen_jarjestamiseen/oppilaitoksen_tilat_ja_rakentaminen).
- [27] Sisäilmayhdistys Oy. *Sisäilmayhdistyksen verkkosivut*. [WWW][viitattu 21.11.2014]. Saatavissa: <http://www.sisailmayhdistys.fi/>.
- [28] Suomen Sisäilmakeskus Oy. Ammattiopisto otsola a-talo: Yhteenveto kiinteistössä vuosina 2005-2010 tehdyistä kuntotutkimuksista ja sisäilmaselvityksistä.
- [29] Tuomas Palolahti. *Purkutyöt : ohjeita teettäjälle ja tekijölle*. Rakennusteollisuuden Kustannus RTK, Helsinki, 2009.
- [30] Matti Pentti. *Eristysrakenteet, Kurssimateriaali*. Tampereen teknillinen yliopisto, 2009.
- [31] Matti Pentti. *Rakenteiden historia, Kurssimateriaali*. Tampereen teknillinen yliopisto, 2010.
- [32] Kaprakan Sisäilmakeskus. *Peltolan E-talon kolmas kerros, välipohjatutkimukset*. 2007.
- [33] Esko Tahvanainen. *Sähköpostiviesti 21.11.2014*. 2014.
- [34] Olli Teriö. *RTT-3020 Rakennuttaminen, Kurssimateriaali*. Tampereen teknillinen yliopisto, 2012.
- [35] Energiaosasto Työ-ja elinkeinoministeriö. *Energiakatselmustoiminnan yleisohjeet*. 2013. [WWW][viitattu 20.10.2014]. Saatavissa: [http://www.motiva.fi/files/6952/Energiakatselmustoiminnan\\_yleisohje\\_2013.pdf](http://www.motiva.fi/files/6952/Energiakatselmustoiminnan_yleisohje_2013.pdf).
- [36] Olavi Virtanen. *Urakkamuodot : etuja ja haittoja*. Suomen Rakennuttajaliitto, Helsinki, 1989.
- [37] Ympäristöministeriö. *C4 Suomen rakennusmääräyskokoelma; ympäristöministeriön asetus lämmöneristyksestä*. 2003.

- [38] Ympäristöministeriö. *FINLEX Jätelaki: 646/2011*. 2011. [WWW][viitattu 6.10.2014]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2011/20110646>.
- [39] Ympäristöministeriö. *FINLEX Valtioneuvoston asetus jätteistä: 19.4.2012/179*. 2012. [WWW][viitattu 9.10.2014]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2012/20120179>.
- [40] Ympäristöministeriö. *Laskentaliite ympäristöministeriön asetuksen*. 2013. [WWW][viitattu 21.10.2014]. Saatavissa: <http://www.ym.fi/download/noname/%7BE6B413C1-DAB5-4433-9D0F-F4C81AC6EF00%7D/31398>.
- [41] Ympäristöministeriö. *Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä*. 2013.

# LIITE 1: KUNTOARVION LÄHTÖTIE TOJA

Kuntoarvion tilaaja ilmoittaa tarjouspyynnössä, mitä kiinteistön lähtötietoja on käytettävissä. Lähtötietoja ovat mm.

- Kohteen sijainti ja osoite
- KH 90025 Kiinteistön perustietokortti täytettynä
- tilaajan ja huoltohenkilöstön yhteystiedot valtuustietoineen
- pinta-alat(hym<sup>2</sup>,brm<sup>2</sup>), tilavuudet ja kerrosten lukumäärä
- kuntoarvion laajuus (esimerkiksi tarkastettavien tilojen määrä)
- kuntoarvioraportin sisältö: kuntoarvion yhteydessä tehtävät kuntotutkimukset tai erillisselvitykset
- rakennusvuodet ja rakennusosien päämateriaalit (runko, julkisivu, vesikatto)
- yleistiedot LVIS-järjestelmistä, sähkö- ja tietoteknisten järjestelmien tiedot kiinteistön erityisjärjestelmien tiedot
- erityistilojen (esim. jäähdytettyjen tilojen) määrä
- luettelot käytettävissä olevista asiakirjoista
- kiinteistössä suoritettut ja suunnitellut korjaukset

Kuntoarviota tehtäessä tarvitaan lisäksi

- Piirustus ja asiakirjaluettelot, niiden mukaiset piirustukset, rakennus- ja talotekniikan työselostukset ym. asiakirjat.
- aikaisemmat käyttäjäkyselyn tulokset
- käyttö- ja huolto-ohjeet (huoltokirja)
- liittymissopimukset (kaukolämmön tilausvesivirta) ja energianostosopimukset
- lämmön, sähkön ja veden kulutus- ja kustannustiedot (kulutus- ja perusmaksut, aikatariffit) vähintään kolmelta edelliseltä vuodelta
- kaava- ja suojelutilanne
- energiatodistus

### *Liite 1: Kuntoarvion lähtötietoja*

- tiedot aikaisemmin tehdyistä tutkimuksista, selvityksistä, suunnitelmista (mm. pihasuunnitelma, asbestikartoitusraportti, sisäilmaston kuntotutkimus, turvallisuussuunnitelma)
- kunnossapitosuunnitelma
- katselmusten ja tarkastusten muistiot (myös viranomaistarkastukset)
- käyttäjien ilmoitukset havaituista vioista ja puutteista, esiintyneet ongelmat ja perusparannustarpeet
- käyttöpäiväkirjaan kirjatut poikkeavat kuntohavainnot, vika-, hälytys- yms. merkinnät, kuitatut tarkastus- ja huolto-ohjelmat tuloksineen sekä paikantamispiirustukset
- tilojen tarkastusten tulokset (esimerkiksi huoltokirjan viikko- ja vuosikierrokset)
- hissin huoltokirja, josta tarkistetaan, onko lakisääteiset tarkastukset tehty.



# LIITE 2: OTSOLAN SISÄILMAKYSELY 2005



1(4)

Sisäilmakeskus  
Torikatu 30 B 22  
80100 JOENSUU

## LAUSUNTO

Pohjois-Karjalan Koulutuskuntayhtymä  
Tekniset palvelut  
PL 70  
80101 JOENSUU

### TULLIPORTINKATU 3, A-RAKENNUKSEN TYÖNTEKIJÖIDEN SISÄILMASTOKYSELY MARRASKUU 2005

#### 1. Tausta

Pohjois-Karjalan Koulutuskuntayhtymän tekninen johtaja Esko Tahvanainen pyysi Kaprankan Sisäilmakeskukselta Tulliportinkatu 3, A-rakennuksen henkilökunnan sisäilmastokyselyn toteutuksen, tuloksen ja lausunnon. Kyselylomakkeet toimitettiin tilaajalle sähköpostitse 27.10.2005 ja ne palautuivat täytettyinä analyysiä varten 11.11.2005 aikana. Kysely toteutettiin käyttäen Örebro- eli MM-40 –lomakkeesta räätälöityä lomaketta.

#### 2. Kysely ja siihen vastanneet

Kyselyn pohjana käytettiin ns. Örebro-lomaketta eli MM-40 –kyselyä, joka on käytössä useissa maissa sisäilmaongelmien selvittelyssä. Kyselyn aluksi kysytään vastaajan taustatiedot, kuten ikä, sukupuoli ja tupakointi. Pääosiot on kaksi, toisessa tiedustellaan koettuja ympäristöhaittoja viimeisen 3 kuukauden aikana ja toisessa koettuja oireita viimeisen 3 kuukauden aikana. Molemmissa osioissa kysellään haittojen / oireiden esiintymistä viikoittain tai harvemmin sekä johtuvatko koetut oireet vastaajan mielestä ympäristöstä. Normaalisti oireita viikoittain raportoivien osuus ei saisi ylittää 20 % tutkituista, myös ympäristöstä johtuvia näistä pitäisi olla alle 20 %. Sisäilmahaittoista kärsivien osuus tulee olla alle 40 % vastanneista. Lisäksi lomakkeessa kysellään atopiaustausta ja työn organisointiin ja kokemiseen liittyviä asioita.

Kyselyyn vastasi 16 työntekijää. Vastanneista 10 ilmoitti työskentelevänsä rakennuksen ensimmäisessä kerroksessa ja 6 toisessa kerroksessa. Tulokset analysoitiin sekä koko taloa koskevinä että kerroksittain.

### 3. Tulokset

#### 3.1. Taustatiedot

Taustatiedot on koottu taulukkoon 1. Kyselyyn vastanneista 20 % oli miehiä ja 80 % naisia. Vastanneiden keski-ikä oli 45 vuotta ja henkilökunta oli työskennellyt keskimäärin 6 vuotta ko. rakennuksessa. Tupakoivien osuus (25 %) oli vastaavaa luokkaa kuin väestössä keskimäärin (22 %).

Valtaosa vastanneista koki työnsä mielenkiintoiseksi ja innostavaksi useimmiten tai joskus. Vastanneista n. 25 % koki työtä olevan usein liikaa. Lähes puolet koki, että heillä on usein vaikutusmahdollisuuksia omaan työhön, mikä vastaa tavanomaista tasoa. Vastanneista n. 75 % koki saavansa työtovereilta usein apua. Kyselyn perusteella psykososiaaliset tekijät eivät selitä mahdollista työntekijöiden oireilua

**Taulukko 1.** Tutkittujen ryhmien taustatekijät. Prosenttiosuudet on laskettu kuhunkin kysymykseen vastanneista.

Muuttuja	
Vastanneiden lukumäärä	16
Miesten/ naisten %-osuus	20/80
Ikäkeskiarvo (vuotta)	45
Nykyisin tupakoivien %-osuus	25
Keskimääräinen nykyisessä työssä oloaika (v)	6
Usein työnsä innostavaksi kokevat, %	100
Usein työtä liikaa, %	25
Usein vaikutusmahdollisuuksia työhön, %	44
Joskus tai ei koskaan vaikutusmahdollisuuksia työhön, %	38
Saa työtovereilta apua ja tukea usein, %	75
Astmaa itsellä, %	18
Allergista nuhaa itsellä, %	44
Allergista ihottumaa itsellä, %	31
Suvussa allergiatausta, %	38

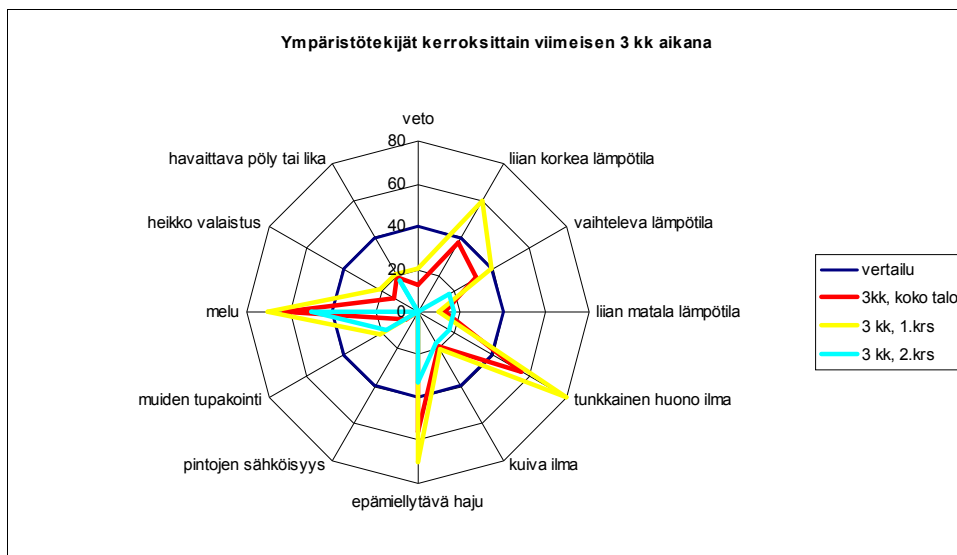
Astmaa sairastaa väestöstä keskimäärin 4-6 %. Vastanneilla esiintyy astmaa enemmän kuin väestöllä keskimäärin, tuoreiden astmojen osuus ei kuitenkaan ollut merkittävä, eikä astmaan sairastumisen vaara ko. rakennuksessa ole kyselyn perusteella ole poikkeava.

Atooppista IgE-välitteistä allergista nuhaa on suomalaisessa aikuisväestössä n. 15 %:lla. Noin 10 %:lla nuha johtuu siitepölyallergiasta. Lisäksi n. 10 %:lla on kroonista ei-allergista nuhaa, joten yhteensä neljäsosa aikuisväestöstä kärsii tai on kärsinyt jossakin elämänsä vaiheessa yliherkkyyden nuhasta. Allergista nuhaa oli kaikilla kyselyyn osallistuneilla enemmän kuin väestöllä keskimäärin, tosin myös suvun allergiatausta oli melko korkea.

Atooppista ihottumaa sairastaa jossakin elämän vaiheessa 10-20 %, kyselyyn vastanneet kärsivät normaalia väestöä enemmän allergisesta ihottumasta, mikä selittynee osittain työn luonteella.

### 3.2. Koetut ympäristö- ja olosuhdehaitat

Koetut ympäristö- ja olosuhdehaitat kerroksittain eriteltynä on esitetty kuvassa 1. Työntekijät kärsivät tavanomaista enemmän tunkkaisesta huonosta ilmasta, epämiellyttävistä hajuista ja melusta, ensimmäisessä kerroksessa kärsittiin lisäksi liian korkeasta lämpötilasta. Toisessa kerroksessa ympäristöhaittoja koettiin ensimmäistä kerrosta vähemmän. Tuloksen perusteella ensimmäisen kerroksen ilmanlaatua heikentävät rakennuksen alustatilassa todetut vauriot ja epäpuhtauksien sekä hajuhaittojen kulkeutumien ensimmäiseen kerrokseen.

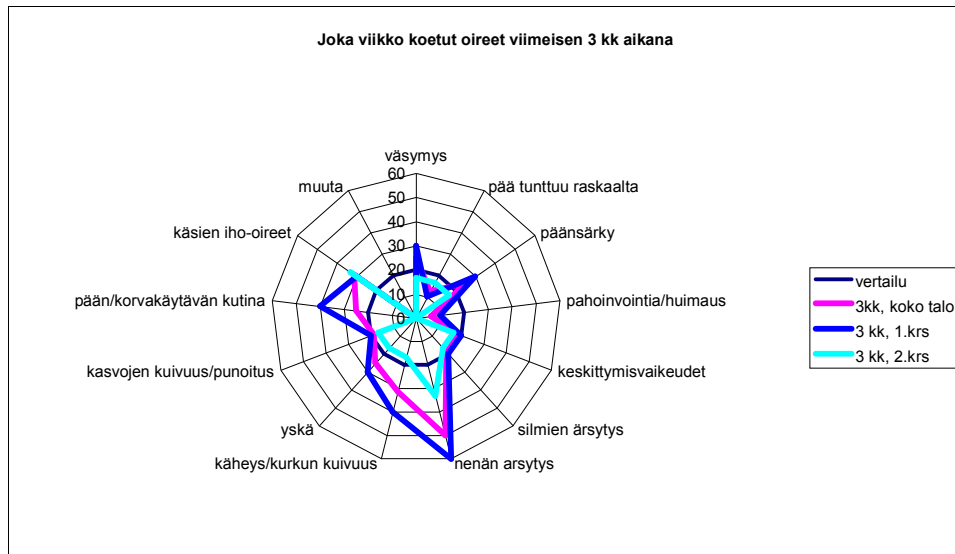


Kuva 1. Koetut ympäristö- ja olosuhdehaitat kerroksittain eriteltynä

### 3.3. Ympäristöön liittyvät oireet

Ympäristöön liittyvät oireet kerroksittain eriteltynä on esitetty kuvassa 2. Ympäristöön liittyvien oireista merkittäviksi nousivat silmien ja nenän ärsytysoireet, kurkun käheys, yskä, pää- ja käsien iho-oireet, väsymys ja päänsärky. Ensimmäisessä kerroksessa merkittäväksi nousi lisäksi kasvojen iho-oireet. Ensimmäisessä kerroksessa koetaan enemmän oireita kuin toisessa kerroksessa, missä merkittäviksi nousivat ainoastaan nenän ärsytysoireet ja käsien iho-oireet. Toisen kerroksen osalta ärsytysoireita selittävät osaltaan ilmanvaihtojärjestelmän kautta leviävät teollisen mineraalikuidut sekä mahdolliset paikalliset kosteusvauriot.

Vastanneista 94 % ilmoitti oireiden häviävän, kun he ovat pidemmän aikaa pois työpaikalta. Sisäilman laadulle vastaajat antoivat kouluarvosanan 5,7.



**Kuva 2.** Ympäristöön liittyvät oireet kerroksittain eriteltynä

### 3.4. Sanallinen palaute

Sanallisessa palautteessa henkilöstö koki ilmanvaihdon riittämättömäksi, lisäksi koettiin häiritsevinä erilaiset rakennevaurioista peräisin olevat hajuhaitat sekä viemäreistä peräisin olevat hajut.

## 4. Tulosten tarkastelu ja yhteenveto

Örebro-kyselyn tulosten arviointi perustuu siihen, että yli 40 % tutkituista ei hyvissä olosuhteissa koe kyselyjä ympäristötekijöitä haitallisiksi eikä yli viidennes liitä oireitaan ympäristöolosuhteisiin. Hankalissa kohteissa haittoja ja oireita kokevien osuudet nousevat helposti jopa 60 %:iin tutkituista.

Kyselyssä todettiin viitearvoja enemmän erityisesti ensimmäisen kerroksen osalla ihon, limakalvojen ja ylempien ylempien hengitysteiden ärsytysoireita, päänsärkyä ja väsymystä, jotka viittaavat tiloissa esiintyvään sisäilmaongelmaan ja ilmanvaihdon ongelmiin. Kyselyyn vastanneiden kokemus työstä ja organisoinnista oli pääosin myönteinen, lisäksi vastanneet kokivat saavansa apua työtovereilta, joten työn psykososiaalisilla tekijöillä ei ole vaikutusta koettuihin sisäilmahaittoihin.

Kyselyn perusteella kiinteistössä suositellaan tehtäväksi rakennusteknisiä ja ilmanvaihdollisia korjaustoimenpiteitä.

Joensuu 23.11.2005

Ulla Ahonen  
Sisäilmakeskuksen johtaja, FM  
puh. 040 576 3371

## LIITE 3: HAASTATTELU HARRI PÖLÖNEN

Haastattelu: Pohjois-Karjalan ammattiopiston Joensuun palveluiden rehtori Harri Pölönen

Haastattelu on pidetty 26.9.2014 Joensuussa

Ohessa on tiivistelmä käydystä keskustelusta.

### **Tilojen käyttö tällä hetkellä?**

#### **Millaisia toimintoja rakennuksessa on?**

- Otsolan päätalon ruokala tuottaa 550 opiskelija-ateriaa päivittäin.
- Rakennuksen voimistelusalja ja kuntosali ovat suurella käyttöasteella. Tiloissa toimii kolme opettajaa.
- Osaa rakennuksesta löytyvistä luokkatiloista ei käytetä, vaan niille on löydetty korvaavat tilat toisesta rakennuksesta. Vain kaksoistutkintoa suorittavilla on teoriaopetusta rakennuksessa.
- Toimistotiloja on opinto-ohjaajalla, kahdella opettajalla ja kahdella opintosihteerillä.
- Rakennuksessa olevat 4 opetuskeittiötä eivät ole tällä hetkellä opetuskäytössä. Opetus on siirretty Niinivaaran tiloihin.

#### **Millaisia puutteita tiloissa on havaittu?**

- Rakennus on vanhanaikainen, rakennuksessa on havaittu ilmanvaihto-ongelmia, vanhoissa ikkunoissa havaitsee vedon ja tilat ovat viileitä.
- Luokkatiloissa havaittu myös hajuhaittoja.
- Kerran korjattu rakennuksen välipohjan pinnoite on korjattu uudestaan, tiloihin tulleen epämiellyttävän hajun vuoksi.

### **Tulevaisuuden näkymät seuraavan 10 vuoden aikana?**

#### **Onko opiskelijamääriin tulossa muutosta?**

- Yhteensä opiskelijoita tällä hetkellä noin 1100. Kaupan- ja hallinnonalalla n. 420, kulttuurialalla 200, rakentamisalalla 350 ja kaksoistutkintoa suorittamassa 80 opiskelijaa.
- Kaupan- ja hallinnonalalla ja rakentamisalalla opiskelijamäärien oletetaan pysyvän samalla tasolla. Kulttuurialalla ja kaksoistutkintoa suorittavien määrän oletetaan vähenevän.

### **Millaisia tilantarpeita tulevaisuudessa olisi tulossa?**

- Opiskelijaruokala on suunniteltu 500 käyttäjälle. Tällä hetkellä se tuottaa jo noin 550 annosta. Ruokala tarvitsisi laajennusta. Lisäksi ruokalan tilasta tarvitsisi tehdä monikäyttötilaa, jota voisi käyttää ruokailuajan jälkeen muuhun tarkoitukseen.
- Ruokala tulee mahdollisesti tulevaisuudessa valmistamaan annoksia myös Joensuuun kaupungin tarpeisiin.
- Liikuntahallin vuokraamisesta ulkopuoliseen käyttöön keskustellaan. Liikuntasaliin pitäisi saada mahdollisuus järjestää useampia ryhmiä samaan aikaan.
- Kuntosali on liian pieni nykyisille käyttäjäryhmille.
- Rakennukseen on suunniteltu opiskelijoiden resurssikeskusta, josta tulevaisuudessa voisi löytää kaikki opiskelijapalvelut, kv-toimisto, kirjasto, atk-pisteet yms.

### **Rakennuksen sisäilmaongelmat?**

- Luokissa myös muuta ongelmaa, kuten mm. ilmanlaatu, tilojen viileys, hajuhaitat.
- Luokkatiloihin on löydetty korvaavat tilat muualta, opetusta luokissa on vähennetty.
- Pitkäaikainen oleskelu luokissa aiheuttaa opiskelijoille oireilua.

### **Muuta haastattelussa ilmi tulleita tärkeitä asioita rehtorin näkökulmasta.**

- Rakennuksen kanssa ollut paljon ongelmia, ja sen purkaminen olisi suositeltavaa.
- Tavoite on pitää rakennuksen tilojen käyttöasteet korkealla.
- Osa tiloista suurella käyttöasteella, ja osa käysin käyttämättä.
- Rakennus tarvitsisi "kasvojenkohotuksen".

LIITE 4: KUSTANNUS- JA MÄÄRÄLASKENTAA

Taulukko 1. Rakenneosat ja määrälaskenta

kerros	rakenneosa	materiaali	määrä (kpl)	mitta1 (m)	mitta2 (m)	mitta3 (m)	pinta-ala (m <sup>2</sup> )	tilavuus (m <sup>3</sup> )	j(m)
kellari	Ulkoseinä VSS	Valettu tb		j(m)	korkeus	3 paksuus	304.50	182.70	
kellari	Ulkoseinä	Valettu tb		j(m)	korkeus	3 paksuus	295.80	88.74	
kellari	Väliseinät	Muurattu tiili		j(m)	korkeus	2.23 paksuus	365.65	54.85	
kellari	ulko-ovi	-	3	leveys	korkeus	2.1	5.67		18
kellari	väliovi	-	33	leveys	korkeus	2.1	83.16		217.8
1. kerros	ulkoseinä	tiili-villa-tiili		j(m)	korkeus	3.37 paksuus	869.75	309.31	
1. kerros	ikkuna 1200x1400	-	78	leveys	korkeus	1.4	131.04		405.6
1. kerros	ikkuna 400x1400	-	54	leveys	korkeus	1.4	30.24		194.4
1. kerros	Väliseinät	muurattu tiili		j(m)	korkeus	3.28 paksuus	1302.98	195.45	
1. kerros	väliovi	-	91	leveys	korkeus	2.1	171.99		546
1. kerros	ulko-ovi	-	19	leveys	korkeus	2.1	47.88		125.4
2. kerros	ulkoseinä	tiili-villa-tiili		j(m)	korkeus	3.07 paksuus	488.49	286.98	
2. kerros	ikkuna 1200x1400	-	144	leveys	korkeus	1.4	429.48		748.8
2. kerros	ikkuna 400x1400	-	69	leveys	korkeus	1.4	38.64		248.4
2. kerros	Väliseinät	muurattu tiili		j(m)	korkeus	2.83	1073.70	161.06	
2. kerros	väliovi	-	83	leveys	korkeus	2.1	156.87		498
2. kerros	ulko-ovi	-	1	leveys	korkeus	2.1	2.52		6.6
Ullakko	ulkoseinä	Muurattu tiili		j(m)	korkeus	2.48 paksuus	407.22	61.08	
Ullakko	Väliseinät	villa-betoni		j(m)	korkeus	3.2 paksuus	470.08	117.52	
Ullakko	väliovi		12	leveys	korkeus	2.1	22.68		72





# LIITE 5: RAKENNUSOSIEN TAVOITTEELLISET KÄYTTÖIÄT JA KUNNOSSAPITOJAKSOT

Taulukot kirjasta Leevi Myyryläinen: Elinkaariajattelu kiinteistönpidossa. Liite I s. 173-178 [24]

Taulukoiden sisällön selvitys:

**KOODI (KO)** Talo-90 koodi ja alakohta sen alla oleva tarkenne

**SELOSTE** Rakennusosan nimi

**KYTTÖIKÄ (KI)** Tavoitteellinen tai todennäköinen käyttöikä vuosina

**KP-JAKSO (KP)** Kunnossapitotoimenpiteiden väli vuosina

Tarkempia rakennusosien teknisiä käyttöikä ja kunnossapitajaksoja löytyy ohjekorteista: KH 90-00403, LVI 01-10424

Liite 5: Rakennusosien tavoitteelliset käyttöiät ja kunnossapitajakaksot

TAVOITTEELLISET KÄYTTÖIÄT JA KUNNOSSAPITOJAKSOT			
KO	Rakennusosan nimi	KI	KP
<b>D</b>	<b>ALUERAKENTEET = ULKOALUEET</b>		
D22	Avo-ojat	30	5
D6	Viherrakenteet		
	• nurmikot	30	10
	• puut	50	5
	• pensaat	20	5
D7	Päällysrakenteet		
	• bitumiset kulutuskerrokset, laatoitukset, reunatuot	30	10
	• sorapäällysteet	30	5
D8	Aluevarusteet		
	• opasteet, Liikennealueiden varusteet	20	10
	• aidat (teräs), Talovarusteet	30	10
	• aidat (puuta), Jätehuolto-, Urheilu- ja leikkikenttävarusteet	20	5
D9	Ulkopuoliset varusteet		
	• tukimuurit, Altaat, Ajoluiskat, Portaot	>50	20
	• katokset, Varistorakennukset, Jätösuojat	>50	10
<b>E</b>	<b>POHJARAKENTEET</b>		
E4	Putkirakenteet		
	• salaojaputkistot kaivoineen, Salaojaverkoston padotusventtiili	>50	10
	• salaojavesien pumppaamot	20	5
<b>F</b>	<b>RAKENNUSTEKNIikka</b>		
F31	Ulkoseinät		
	- elastiset saumat	20	20
	- kiviaineiset saumat	>50	20
	• betonielementti- ja pesubetoniseinät	>50	20
	• tiiliseinät	>50	50
	• rapatut- ja pellitetyt ulkoseinät	50	20
	• levytetyt ulkoseinät	30	
	• laatoitetut ulkoseinät	>50	30
F32	Ikkunat		
	• puuikkunat	30	10
	• alumiini- ja muovii-ikkunat	50	20
	• puu-alumiini-ikkunat	50	10
	• teräsikkunat	50	10
F33	Ulko-ovet		
	• puuovet	40	10
	• alumiiniovet	50	20
	• teräsovet	50	10



Liite 5: Rakennusosien tavoitteelliset käyttöiät ja kunnossapitojaksot

KO	Rakennusosan nimi	KI	KP
F34	Julkisivun täydennysosat		
	• parvekkeet	>50	15
	- vedeneristys	30	30
	• ulkoseinän tikkaat, katokset ja teräsrakenteet	50	10
F4	Yläpohjarakenteet		
	Vesikatot		
	• tiili (poltettu), Tiili (betoni)	>50	20
	• bitumikermi	20	10
	• kumibitumikermi, Muovi	30	10
	• muovipinnoitettu pelti	50	20
	• galvanoitu ja maalattu pelti	50	10
F43	Yläpohjavarusteet		
	• räystäskourut, Syöksytorvet, Kattokaivot, Kulkusillat	30	10
	• tikkaat, Lumiesteet, Pollarit, Katon kaiteet, Kattoikkunat	30	10
	• kattokonehuoneet, Ulkotasot ja -terassit	>50	20
F5	Täydentävät sisäosat		
	• sisäovet	50	20
F8	Siirtolaitteet		
	• hissit	50	10
G	LVI-JÄRJESTELMÄT	KI	KP
G11	Lämmöntuotanto		
	• lämmönsiirtimet, levy	20	
	• lämmönsiirtimet, putki	30	
	• kevytöljykattilat varusteineen	25	
	• kevytöljypolttimet varusteineen	15	
	• varaajat, lataussäiliöt	25	
	• öljynsiirtojärjestelmä	30	
	• öljysäiliöt maassa	50	20
	• öljysäiliöt sisätiloissa	>50	20
	• kattilalaitoksen sekoitus ja latauspumput	15	
	• savupiiput	>50	30
	• savukaasupuhaltimet	20	10
G12	Lämmönjakelu		
	• paisunta- ja varolaitteet	20	
	• lämpöjohtoverkoston kiertovesipumput	20	
	• lämmitysverkosto varusteineen, (varusteiden kunnostus)	>50	25
	• vesijohtoverkosto kupari ja muovi, (varusteiden kunnostus)	>50	25
	• vesijohtoverkosto, galvanoitu	25	
	• viemärit, muovi ja valurauta	50	

Liite 5: Rakennusosien tavoitteelliset käyttöiät ja kunnossapitajakaksot

	• moottori- ja varoventtiilit	15	
	• pumpput, sulku- ja säätöventtiilit	20	
	• säätölaitteet (automaatio)	15	
	• LTO-patterit	20	

KO	Rakennusosan nimi	KI	KP
	• viemärit, muovi ja valurauta	50	
	• moottori- ja varoventtiilit	15	
	• pumpput, sulku- ja säätöventtiilit	20	
	• säätölaitteet (automaatio)	15	
	• LTO-patterit	20	
G13	Lämmönlouovutus		
	• lämmityspatterit varusteineen	>50	
	• konvektorit	30	
	• patteriventtiilit	30	
	• termostaatit	15	
G21-2	Vesi- ja viemärijärjestelmät		
	• lämpimän käyttöveden kiertopumput	20	
	• paineenkorotusjärjestelmät	20	
	• paineenalennusventtiilit	20	
	• paine- ja vesisäiliöt	30	
	• talousvesipumppaamot	30	
	• Lämpimän käyttöveden lämmönsiirrin	20	
	• lämpimän käyttöveden patterit ja konvektorit	25	
G23-4	Jätevesien käsittely		
	• hiekan-, öljyn- ja rasvanerotitimet	40	
	• viemäri- ja talousvesipumppaamot ja jäteveden pienpuhdistamot	20	
	• sisäviemäriverkoston padotusventtiili	30	10
	• viemärikaivot, sadevesikaivot	40	10
G25	Vesi- ja viemärikalusteet		
	• vesikalusteet, Viemärikalusteet	30	
G3	Ilmastointijärjestelmät		
	• tuloilmakojeet	15	
	• kiilahihnakäyttöiset poistoilmapuhaltimet	50	15
	• aksiaalipuhaltimet ja huippuimurit	50	15
	• IV-kanavisto varusteineen	>50	10
	• äänenvaimentimet, tarkastus- ja puhdistusluukut	>50	15
	• palonrajoittimet	30	15
	• sulku- ja säätöpellit sekä päätelaitteet ja siirtoilmaelimet	>50	15
	• lämpötila-, paine-ero- ym. mittarit	30	15

Liite 5: Rakennusosien tavoitteelliset käyttöiät ja kunnossapitajaksot

	• ulkoilmaelimet	30	
	• väestönsuojan ilmanvaihtolaitteet	>50	
G4	Kylmätekniset järjestelmät		
	• kylmiöiden ja ilmastoinnin kylmäkoneistot	20	
G7	Palontorjuntajärjestelmät		
	• sammutusvesi- ja sprinklerlaitteet, sisä- sekä ulkopalopostit	>50	
H	<b>SÄHKÖJÄRJESTELMÄT</b>		
H1	Aluesähköistys		
	• piha- ja aluevalaisimet ja autojen sähkölämmitystolpat	30	
	• termostaattiohjatut sulatusjärjestelmät ja -laitteet	30	
H2	Kytkinlaitteistot ja jakokeskukset	30	
	• pääkeskukset ja muut keskukset	30	
	• ohjauskeskukset	15	
	• jakelukiskojärjestelmät ja kompensointilaitteet	30	

KO	Rakennusosan nimi	KI	KP
	• sammutusvesi- ja sprinklerlaitteet, sisä- sekä ulkopalopostit	>50	
H	<b>SÄHKÖJÄRJESTELMÄT</b>		
H1	Aluesähköistys		
	• piha- ja aluevalaisimet ja autojen sähkölämmitystolpat	30	
	• termostaattiohjatut sulatusjärjestelmät ja -laitteet	30	
H2	Kytkinlaitteistot ja jakokeskukset	30	
	• pääkeskukset ja muut keskukset	30	
	• ohjauskeskukset	15	
	• jakelukiskojärjestelmät ja kompensointilaitteet	30	
H3-4	Johtotiet		
	• johdot yleensä	>50	
H5	Valaisimet		
	• valaisimet	30	
	• porrasautomaatit	15	
H6	Lämmittimet, kojeet ja laitteet		
	• sähköpatterit	20	
	• lattialämmitykset	30	
	• kiukaat	15	5
	• keittiölaitteet	15	
	• pesulalaitteet	15	
J	<b>TIETOJÄRJESTELMÄT</b>		
	• puhelin- ja antennijärjestelmät	20	
	• paloilmoin- ja rikosilmoitusjärjestelmä	20	
	• rakennusautomaation valvomolaitteet	10	



*Liite 5: Rakennusosien tavoitteelliset käyttöiät ja kunnossapitajakaksot*

	• rakennusautomaation ohjelmistot	10	5
	• rakennusautomaation kenttälaitteet	15	
<b>TILAT</b>	<b>ASUINTILAT</b>		
11	Asunnot, kuivat tilat		
	• seinät: maalaus, tapetti, muovitapetti	15	
	• katot: maalaus	15	
	• lattiat: betoni, maalaus	10	
	• lattiat: puu ja parketti	>50	10
	• lattiat: keraaminen laatta	>50	
	• vinyylilaatta	40	
	• muovimatto	20	
	Asunnot, kosteat tilat		
	• seinät: maalaus	10	
	• seinät: muovitapetti	15	
	• seinät: keraaminen laatta	50	
<b>KO</b>	<b>Rakennusosan nimi</b>	<b>KI</b>	<b>KP</b>
	• katot: maalaus	10	
	• lattiat: muovi (saumojen korjaus 5-vuoden välein)	15	5
	• lattiat: keraamiset laatat	>50	
	• kylpyammeet ja WC-istuimet	>50	
5	Säilytystilat	>50	
7	Sosiaali- ja virkistystilat, yleensä	>50	20
	Saunan lauteet	5	5
	Saunan panelointi	10	10
8	Siivous sekä pyykinpesutilat	>50	20
9	Liikenne- ja tekniset tilat	>50	20

# LIITE 6: RAKENTEIDEN LÄMMÖNLÄPÄISYARVOJA

Otsola A-talo

Normaaliset lämmöjohtavuudet  $\lambda_n$  Suomen rakentamismääräyskokoelman osa C4.

Rakennepaksuudet arvioitu kuvista ja kerätty rakennetutkimusten raporteista.

Kellarin seinä

	d (m)	$\lambda_n$ (W/mK)	R (m <sup>2</sup> K/W)
Betoni	0.3	1.2	0.25
Mineraalivilla	0.05	0.05	1.0
Tiilimuuraus	0.075	0.5	0.15
Pintavastukset			0.17
U (W/m <sup>2</sup> K)			0.64

Ulkoseinä

	d (m)	$\lambda_n$ (W/mK)	R (m <sup>2</sup> K/W)
Tiilimuuraus	0.085	0.5	0.17
Mineraalivilla	0.075	0.05	1.5
Tiilimuuraus	0.085	0.5	0.17
Pintavastukset			0.17
U (W/m <sup>2</sup> K)			0.50

Yläpohja

	d (m)	$\lambda_n$ (W/mK)	R (m <sup>2</sup> K/W)
Betoni	0.2	1.2	0.17
Mineraalivilla	0.125	0.05	2.5
Pintavastukset			0.14
U (W/m <sup>2</sup> K)			0.36

# LIITE 7: KORJAUKSEN KUSTANNUKSET JA ENERGIANSÄÄSTÖ

Toimenpide	U-arvon muutos	Kustannusarvio €	Lisäkustannus €/brm <sup>2</sup>	Energiansäästö kWh/a	Korjattavaa m <sup>2</sup>	Pitoaika a	Säästö e/a	Säästö e/brm <sup>2</sup> ,a
Perusmuurin lisäeristys U-arvo 0,64 -> 0,16	0.48	70500	12.08	34230	600	50	3080.70	0.53
Ulkoseinien purkaminen ja uusien rakentaminen U-arvo 0,50-> 0,17	0.33	349040	59.79	69145	1765	50	6223.06	1.07
Yläpohjan lisäeristäminen U-arvo 0,36-> 0,09	0.27	178500	30.58	73262	2300	30	6593.59	1.13
Ikkunoiden U-arvo 1,8 -> 0,9	0.09	53300	9.13	6771	629	50	609.43	0.10
Ilmanvaihdon uusiminen LTO 0% -> 60%	0.00	183400	31.41	100000	5838	20	9000.00	1.54
		834740				39	25506.78	